

**SEGMENTASI CITRA DENGAN MENGGUNAKAN METODE
FUZZY C-MEANS**

SKRIPSI

oleh:

R. MOKHAMAD RACEL PURNOMO

135090407111016



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**



SEGMENTASI CITRA DENGAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY C-MEANS

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Matematika

oleh:

R. MOKHAMAD RACEL PURNOMO

135090407111016



JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

SEGMENTASI CITRA DENGAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY C-MEANS

Oleh:

R. MOKHAMAD RACEL PURNOMO

135090407111016

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji pada tanggal 28
Maret 2019 dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Matematika

Pembimbing,

Syaiful Anam, S.Si., MT., Ph.D.

NIP. 197801152002121003

Mengetahui,

Ketua Jurusan Matematika

Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Ratno Bagus Edy Wibowo, S.Si., M.Si., Ph.D.

NIP. 197509082000031003



LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : R. Mokhamad Racel Purnomo

NIM : 135090407111016

Jurusan : Matematika

Penulis Skripsi Berjudul : Segmentasi Citra dengan Menggunakan Metode Fuzzy C-Means

dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi Skripsi ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan bukan hasil menjiplak karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam Daftar Pustaka Skripsi ini semata-mata digunakan sebagai acuan/referensi.
2. Apabila dikemudian hari diketahui bahwa isi Skripsi saya merupakan hasil jiplakan, maka saya bersedia menanggung akibat hukum dari keadaan tersebut.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 28 Maret 2019

Yang menyatakan,

(R. Mokhamad Racel Purnomo)

NIM. 135090407111016



SEGMENTASI CITRA DENGAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY C-MEANS

ABSTRAK

Segmentasi citra adalah proses mempartisi citra menjadi beberapa daerah atau objek. Metode *clustering* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memecahkan masalah ini. Metode *clustering* dapat membedakan setiap daerah sesuai dengan tingkat keabuan citra. Salah satu metode *clustering* yang sering digunakan untuk menyelesaikan masalah segmentasi citra adalah *Fuzzy C-Means* (FCM). Metode FCM memiliki kelebihan yaitu dapat menentukan pusat *cluster* lebih tepat. Pada skripsi ini dibahas bagaimana metode FCM digunakan untuk menyelesaikan masalah segmentasi citra. Citra disegmentasi dalam ruang warna *Hue Saturation Value* (HSV) dan ruang warna *Red Green Blue* (RGB). Percobaan dilakukan dengan membandingkan hasil segmentasi citra menggunakan metode FCM dalam ruang warna HSV dan RGB. Hasil percobaan menunjukkan bahwa metode FCM dalam ruang warna HSV dapat memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan ruang warna RGB. Namun, terkadang segmentasi citra memberikan hasil yang kurang memuaskan pada citra *grayscale*.

Kata Kunci: *Segmentasi Citra, Fuzzy C-Means (FCM), Hue Saturation Value (HSV), Red Green Blue (RGB).*



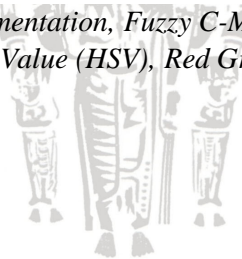


IMAGE SEGMENTATION USING FUZZY C-MEANS METHOD

ABSTRACT

Image segmentation is the process of partitioning images into several regions or objects. The clustering method is one of the methods used to solve this problem. The clustering method can differ each region according to the gray level of the image. One of clustering methods that is often used to solve image segmentation problems is Fuzzy C-Means (FCM). The FCM method has the advantage of being able to determine the cluster center more precisely. In this paper, it is discussed how the FCM method is used to solve image segmentation problems. The image is segmented in the Hue Saturation Value (HSV) color space and Red Green Blue (RGB) color space. The experiment was conducted by comparing the results of image segmentation using the FCM method in HSV and RGB color spaces. The experimental results show that the FCM method in the HSV color space can provide better results compared to RGB color space. However, sometimes image segmentation produces unsatisfactory results in grayscale images.

Keywords: *Image Segmentation, Fuzzy C-Means (FCM), Hue Saturation Value (HSV), Red Green Blue (RGB).*





KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Segmentasi Citra dengan Menggunakan Metode Fuzzy C-Means”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika.

Dalam penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Syaiful Anam, S.Si., MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing atas waktu, bimbingan, saran dan kesabaran yang telah diberikan kepada penulis dalam menyusun skripsi.
2. Indah Yanti, S.Si., M.Si. dan Ummu Habibah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku dosen penguji atas bimbingan yang telah diberikan.
3. Ratno Bagus Edy Wibowo, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Matematika Universitas Brawijaya.
4. Dr. Isnani Darti, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik atas pengarahan yang telah diberikan selama perkuliahan.
5. Seluruh dosen, staff dan karyawan Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya atas segala bantuannya.
6. R. Wahjulijono P. , Titik Rumawati , Rr. Paula Screen Purwati, dan seluruh keluarga di Mojokerto yang paling penulis sayangi atas doa, nasihat dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
7. Sahabat-sahabat tercinta dan tersayang Agung Nira Wijoyo, Fajar Daniyal, Nanda Riesta Pratama, Dinar Yoga Satritama, dan keluarga besar Matematika 2013 yang telah memberikan doa dan semangat dalam penulisan skripsi.
8. Seluruh pihak yang telah membantu selama penulisan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa memberikan anugerah dan karunia-Nya kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan kedepannya. Kritik dan saran dapat dikirim melalui email penulis mokhamadrצל28@gmail.com.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca khususnya mahasiswa Matematika Universitas Brawijaya.

Malang, 28 Maret 2019

Penulis





DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	v
LEMBAR PERNYATAAN	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Citra.....	5
2.1.1 Representasi Citra	6
2.2 Segmentasi Citra	7
2.2.1 Metode <i>Clustering</i>	7
2.2.2 <i>Color Based</i>	8
2.2.3 <i>Hue Saturation Value (HSV)</i>	8
2.2.4 <i>Fuzzy C-Means (FCM)</i>	11
BAB III METODE PENELITIAN.....	15
3.1 Data Penelitian.....	15
3.2 Analisis Data.....	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1 Data Citra Uji.....	17
4.1.1 Citra Uji	17
4.1.2 Pembagian Kelompok Citra (<i>Clustering</i>).....	17
4.1.3 Transformasi Citra Uji ke Ruang Warna HSV	17
4.1.3.1 Pengujian Citra Uji 1 (Daun.jpg) menggunakan HSV.....	18
4.1.3.2 Pengujian Citra Uji 2 (Otak.jpg) menggunakan HSV	20
4.1.3.3 Pengujian Citra Uji 3 (Landzat.jpg) menggunakan HSV.....	21
4.2 Percobaan	22



4.2.1 Pengantar Percobaan	22
4.2.2 Perhitungan Manual Metode Pengujian	23
4.2.2.1 Perhitungan transformasi RGB ke HSV	23
4.2.2.2 Perhitungan Metode FCM	24
4.2.3 Pengujian hasil <i>clustering</i> Citra uji 1 (Daun.jpg) menggunakan Ruang Warna	33
4.2.4 Pengujian hasil <i>clustering</i> Citra uji 2 (Otak.jpg) menggunakan Ruang Warna	40
4.2.5 Pengujian hasil <i>clustering</i> Citra uji 3 (Landzat.jpg) menggunakan Ruang Warna	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	57



DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 (a) Citra Digital dan (b) Citra Analog.....	5
Gambar 2.2 (a) Citra Biner, (b) Citra Grayscale, dan (c) Citra Warna..	6
Gambar 2.3 Segmentasi Citra Dalam Proses Perbaikan Citra.	7
Gambar 2.4 Color Based yang Tampak Setelah Clustering.....	8
Gambar 2.5 Ruang Warna HSV pada Matlab.....	9
Gambar 2.6 Diagram Alir Langkah-langkah Metode <i>Fuzzy C-Means</i> ..	13
Gambar 3.1 (a) Daun.jpg, (b) Otak.jpg, (c) Landzat.jpg.	15
Gambar 3.2 Diagram Alir Langkah-langkah Analisis Data.....	16
Gambar 4.1 Citra uji 1.....	18
Gambar 4.2 Komponen citra uji 1 pada ruang warna HSV. (1) Komponen <i>Hue</i> , (2) Komponen <i>Saturation</i> , (3) Komponen <i>Value</i>	19
Gambar 4.3 Komponen citra uji 1 pada ruang warna RGB. (1) Komponen <i>Red</i> , (2) Komponen <i>Green</i> , (3) Komponen <i>Blue</i>	19
Gambar 4.4 Citra uji 2.....	20
Gambar 4.5 Komponen citra uji 2 pada ruang warna HSV. (1) Komponen <i>Hue</i> , (2) Komponen <i>Saturation</i> , (3) Komponen <i>Value</i>	20
Gambar 4.6 Komponen citra uji 2 pada ruang warna RGB. (1) Komponen <i>Red</i> , (2) Komponen <i>Green</i> , (3) Komponen <i>Blue</i>	21
Gambar 4.7 Citra uji 3.....	21
Gambar 4.8 Komponen citra uji 3 pada ruang warna HSV. (1) Komponen <i>Hue</i> , (2) Komponen <i>Saturation</i> , (3) Komponen <i>Value</i>	22
Gambar 4.9 Komponen citra uji 3 pada ruang warna RGB. (1) Komponen <i>Red</i> , (2) Komponen <i>Green</i> , (3) Komponen <i>Blue</i>	22
Gambar 4.10 Citra uji 1.....	33
Gambar 4.11 Hasil Cluster 1. (Atas) Ruang Warna HSV, (Bawah) Ruang Warna RGB.....	37
Gambar 4.12 Hasil Cluster 2. (Atas) Ruang Warna HSV, (Bawah) Ruang Warna RGB.....	38
Gambar 4.13 Hasil Cluster 3. (Atas) Ruang Warna HSV, (Bawah) Ruang Warna RGB.....	39
Gambar 4.14 Citra uji 2.....	40
Gambar 4.15 Hasil Cluster 1. (Atas) Ruang Warna HSV, (Bawah) Ruang Warna RGB.....	44

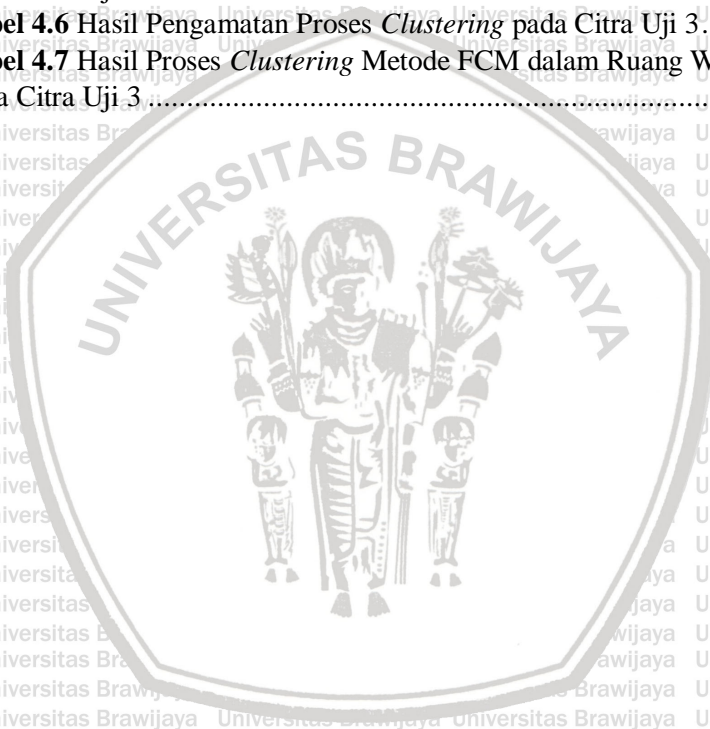
Gambar 4.16 Hasil Cluster 2. (Atas) Ruang Warna HSV, (Bawah) Ruang Warna RGB.....	45
Gambar 4.17 Hasil Cluster 3. (Atas) Ruang Warna HSV, (Bawah) Ruang Warna RGB.....	46
Gambar 4.18 Citra uji 3.....	47
Gambar 4.19 Hasil Cluster 1. (Atas) Ruang Warna HSV, (Bawah) Ruang Warna RGB.....	51
Gambar 4.20 Hasil Cluster 2. (Atas) Ruang Warna HSV, (Bawah) Ruang Warna RGB.....	52
Gambar 4.21 Hasil Cluster 3. (Atas) Ruang Warna HSV, (Bawah) Ruang Warna RGB.....	53



DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 4.1 Proses Transformasi Citra ke Ruang Warna HSV.....	18
Tabel 4.2 Hasil Pengamatan Proses <i>Clustering</i> pada Citra Uji 1.....	34
Tabel 4.3 Hasil Proses <i>Clustering</i> Metode FCM dalam Ruang Warna pada Citra Uji 1	35
Tabel 4.4 Hasil Pengamatan Proses <i>Clustering</i> pada Citra Uji 2.....	41
Tabel 4.5 Hasil Proses <i>Clustering</i> Metode FCM dalam Ruang Warna pada Citra Uji 2	42
Tabel 4.6 Hasil Pengamatan Proses <i>Clustering</i> pada Citra Uji 3.....	48
Tabel 4.7 Hasil Proses <i>Clustering</i> Metode FCM dalam Ruang Warna pada Citra Uji 3	49





BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Segmentasi citra merupakan salah satu topik penting dalam ilmu komputer terutama dalam bidang pengolahan citra digital dan *computer vision*. Tujuan segmentasi citra adalah untuk mempartisi gambar menjadi beberapa daerah (*region*) atau objek yang tidak tumpang tindih dengan karakteristik yang homogen, seperti intensitas warna dan tekstur (Ouaïfel dan Souham, 2012). Beberapa metode telah diusulkan untuk memecahkan masalah ini diantaranya: *thresholding*, *region growing*, dan *clustering*.

Metode *thresholding* didasarkan pada pemisahan *pixel* ke dalam kelas yang berbeda tergantung pada tingkat keabuan masing-masing *pixel* (Mancas dan Bernard, 2003). Intensitas citra medis seperti tumor dan jaringan pada otak biasanya sangat rumit dan memiliki tingkat keabuan yang hampir sama sehingga menyebabkan kesulitan penentuan ambang batas (*threshold*). Metode *thresholding* tidak bisa diterapkan untuk citra dengan tingkat keabuan yang berdekatan, sehingga biasanya dikombinasikan dengan metode lain (Shen, dkk., 2005).

Metode *region growing* menggabungkan beberapa *pixel* dengan *thresholding* dengan kondisi konektivitas atau kriteria daerah homogenitas (Shen, dkk., 2005). Keberhasilan dari metode tersebut bergantung pada ketepatan informasi anatomi dalam meletakkan baik satu maupun beberapa *pixel* awal untuk masing-masing daerah homogen (Zhang, dkk., 2003). Kelemahan lain dari metode *region growing* adalah metode tersebut hanya dapat bekerja dengan baik pada daerah yang homogen dan membutuhkan operator untuk menentukan daerah yang akan tersegmentasi.

Metode *clustering* didasarkan pada distribusi parameter. Hal terpenting dalam metode ini adalah melakukan estimasi definisi awal dari parameter sehingga bagus tidaknya segmentasi tergantung dari seberapa baik distribusi yang diasumsikan mendekati distribusi dari data (Shen, dkk., 2005).

Keunggulan dari metode *clustering* atau disebut juga dengan metode pengelompokan yaitu dapat memberikan perbedaan pada setiap kelompok citra (Horvath, 2006). *Clustering* sendiri terbagi dalam

beberapa metode yaitu, Algoritma *k-Means*, *Fuzzy C-Means* (FCM) dan *Expectation-Maximization* (EM) (Mancas dan Bernard, 2003). Tujuan penggunaan *clustering* sendiri adalah supaya dapat membedakan setiap daerah yang terbagi sesuai dengan banyaknya *cluster* yang digunakan, untuk setiap data yang sama akan berada pada kelompok yang sama.

Bezdek, dkk. (1983) adalah orang yang pertama kali memperkenalkan metode *Fuzzy C-Means*. *Fuzzy C-Means* adalah suatu teknik *clustering* data di mana keberadaan titik-titik data dalam suatu *cluster* ditentukan oleh derajat keanggotaan. Akibat adanya derajat keanggotaan tersebut, maka suatu titik data bisa dimiliki lebih dari satu kelompok. Metode ini merupakan minimasi dari fungsi objektif (1) (Sowmya dan Rani, 2011). Keunggulan metode ini adalah penempatan pusat *cluster* yang lebih tepat dibandingkan dengan metode *cluster* yang lain (Algoritma *k-Means* dan *Expectation-Maximization*).

Fuzzy C-Means merupakan algoritma yang populer digunakan dalam teknik *fuzzy clustering*. Perkembangan teknik-teknik segmentasi citra ini dilakukan untuk memperoleh hasil yang lebih bagus dan berkualitas. Namun, terkadang segmentasi citra memberikan hasil yang kurang memuaskan pada suatu citra tertentu. Hal ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor variasi yang terdapat pada citra itu sendiri seperti pencahayaan, citra yang mengalami degradasi atau citra yang warnanya kabur, dan citra yang berisi noise.

Oleh karena itu, dalam skripsi ini akan digunakan metode *clustering* untuk mengoptimalkan hasil dari segmentasi citra.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam skripsi ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana implementasi metode *Fuzzy C-Means* dalam ruang warna HSV pada segmentasi citra?
2. Bagaimana implementasi metode *Fuzzy C-Means* dalam ruang warna RGB pada segmentasi citra?
3. Bagaimana performa metode *Fuzzy C-Means* dalam ruang warna HSV dibandingkan dengan ruang warna RGB dalam segmentasi citra?

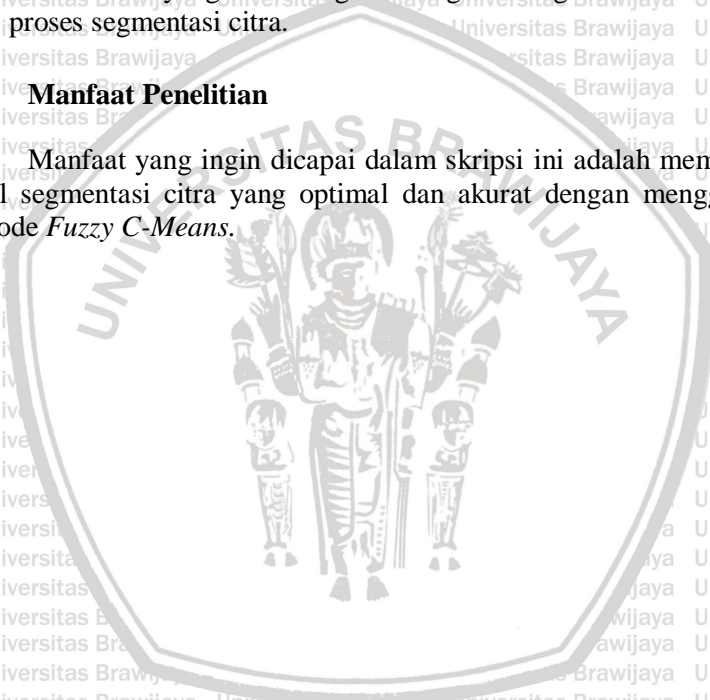
1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan yang ingin dicapai dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengimplementasikan metode *Fuzzy C-Means* dalam ruang warna HSV yang di aplikasikan dalam proses segmentasi citra.
2. Dapat mengimplementasikan metode *Fuzzy C-Means* dalam ruang warna RGB yang di aplikasikan dalam proses segmentasi citra.
3. Dapat mengetahui performa metode *Fuzzy C-Means* dalam ruang warna HSV yang dibandingkan dengan ruang warna RGB dalam proses segmentasi citra.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dalam skripsi ini adalah memperoleh hasil segmentasi citra yang optimal dan akurat dengan menggunakan metode *Fuzzy C-Means*.





BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Citra

Citra adalah suatu representasi kemiripan, atau imitasi dari suatu objek. Citra sebagai keluaran suatu sistem perekaman data dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada monitor televisi, atau bersifat digital yang langsung dapat disimpan pada suatu media penyimpanan.

Terdapat dua jenis citra, yaitu citra analog dan citra digital. Citra analog adalah citra yang bersifat kontinu, seperti gambar pada monitor televisi, foto sinar-X, foto yang tercetak dikertas foto, lukisan, hasil CT scan, gambar-gambar yang terekam pada pita kaset, dan lain sebagainya. Citra analog tidak dapat direpresentasikan dalam komputer, sehingga tidak dapat diproses oleh komputer secara langsung. Oleh sebab itu, agar citra ini dapat diproses pada komputer, maka perlu dilakukan proses konversi analog ke digital terlebih dahulu. Sedangkan citra digital adalah citra yang dihasilkan dari pengolahan citra pada komputer, kamera dan perangkat elektronik lainnya. Citra yang diambil menggunakan kamera digital atau sejenisnya biasanya disimpan dalam bentuk file sehingga citra digital dapat diolah pada komputer. Citra digital dan citra analog dapat dilihat pada Gambar 2.1.

(Sutoyo, dkk., 2009)



(a)

(b)

Gambar 2.1 (a) Citra Digital dan (b) Citra Analog.

2.1.1 Representasi Citra

Suatu citra dapat dinyatakan ke dalam sebuah matriks dengan M baris dan N kolom. Nilai-nilai pada matriks merupakan intensitas cahaya (warna) pada masing masing *pixel*. *Pixel* merupakan elemen terkecil dari suatu citra, yang didapat dari perpotongan antara baris dan kolom pada matriks. *Pixel* memiliki dua parameter, yaitu koordinat dan intensitas cahaya (warna). Nilai pada koordinat (x, y) adalah $f(x, y)$ yaitu intensitas cahaya dari *pixel*. Berikut ini merupakan representasi citra digital yang dinyatakan dalam matriks berukuran $M \times N$:

$$f(x, y) = \begin{pmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0, N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \cdots & f(1, N-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \cdots & f(M-1, N-1) \end{pmatrix}$$

(Gonzalez, dkk., 2009)

Citra digital dibagi menjadi tiga jenis, yaitu citra biner, citra *grayscale*, dan citra warna. Citra biner adalah citra digital yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai *pixel*, yaitu hitam dan putih. Pada citra biner, warna hitam dinyatakan dengan 0 dan warna putih dinyatakan dengan 1. Berbeda dengan citra biner, citra *grayscale* merupakan citra digital dengan 256 kemungkinan nilai *pixel*. Nilai tersebut dimulai dari nol untuk warna hitam dan 255 untuk warna putih. Citra warna merupakan citra yang dibentuk oleh tiga warna, yaitu *Red*, *Green*, dan *Blue* (RGB). Citra ini direpresentasikan sebagai tiga buah matriks berbeda, yaitu matriks R menyatakan nilai *red*, matriks G menyatakan nilai *green*, dan matriks B menyatakan nilai *blue*. Jenis-jenis citra dapat dilihat pada Gambar 2.2.



(a)

(b)

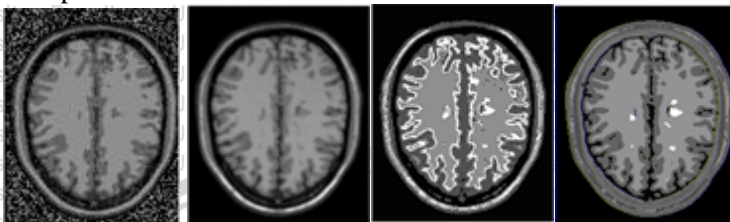
(c)

Gambar 2.2 (a) Citra Biner, (b) Citra *Grayscale*, dan (c) Citra Warna.

(Putra, 2010)

2.2 Segmentasi Citra

Segmentasi citra adalah suatu proses mempartisi citra menjadi beberapa daerah atau objek. Proses ini merupakan tahapan yang sangat penting dalam pengolahan citra dan *computer vision*. Segmentasi citra dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Segmentasi Citra Dalam Proses Perbaikan Citra.

Berbagai metode telah diusulkan untuk memecahkan masalah ini diantaranya: metode *thresholding*, *region growing* dan *clustering*.

(Zhang, dkk., 2003)

2.2.1 Metode *Clustering*

Pengertian *clustering* adalah pemisahan data menjadi beberapa bagian/kelompok tersendiri berdasarkan pola kemiripan atribut yang ada didalamnya. Dalam melakukan *clustering* data yang akan dipisah ini tidak langsung terpisah begitu saja, melainkan terdiri dari data *random* yang selanjutnya di lihat berdasarkan kemiripan yang ada. Tingkat kemiripan ini tergantung dari apa yang akan disamakan untuk dilakukan penghitungan, setiap kesamaan data satu dengan yang lain akan memiliki perbedaan yang berbeda dengan data yang lain. Karenanya, tipe data yang akan dilakukan *clustering* baik secara kualitas ataupun kuantitas akan menentukan ukuran apa yang nantinya digunakan dalam pembuatan algoritma.

Metode *clustering* terbagi menjadi beberapa metode yaitu, Algoritma *K-Means*, *Fuzzy C-Means* (FCM) dan *Expectation Maximization* (EM).

(Bahar, 2011)

2.2.2 Color Based

Metode *clustering* yang dilakukan adalah dengan menggunakan color based yaitu warna yang menjadi dasar dalam penentuan *clustering* yang dilakukan dalam melakukan pemetaan warna. Pada tahap pemetaan warna, setiap daerah atau *region* yang ada akan dibedakan menurut warna yang dihasilkan oleh tingkat penentuan warna RGB (Red, Green, and Blue) yang diambil dari proses deteksi data uji yang diinputkan. RGB memiliki penghitungan rentang warna antara 0 hingga 255. Nilai 0 adalah warna hitam dan 255 adalah warna putih. Dengan menggunakan penghitungan *clustering*, maka akan dikelompokkan warna yang didapat dengan hasil yang muncul. Data uji dibagi menjadi 3 *cluster* warna, berikut adalah warna dasar yang digunakan untuk *clustering* data uji. *Color Based* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Color Based* yang Tampak Setelah *Clustering*.

(Novanto, dkk., 2014)

2.2.3 Hue Saturation Value (HSV)

Menurut Zhou (Kadir dan susanto, 2013), manusia sebenarnya melihat warna adalah karena cahaya yang dipantulkan oleh objek. Dalam hal ini, spektrum cahaya kromatis berkisar antara 400-700 nm. Istilah kromatis berarti kualitas warna cahaya yang ditentukan oleh panjang gelombang.

Karakteristik persepsi mata manusia dalam yang membedakan antara satu warna dengan warna yang lain berupa *hue*, *saturation*, dan *brightness* (Kadir dan Susanto, 2013).

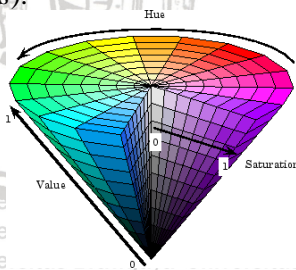
Menurut Crane (Kadir dan Susanto, 2013), *hue* merujuk ke warna yang dikenal manusia, seperti merah dan hijau. Properti ini mencerminkan warna yang ditangkap oleh mata manusia yang menanggapi berbagai nilai panjang gelombang cahaya. Sebagai contoh, bila mata menangkap panjang gelombang antara 430 dan 480 nanometer, sensasi yang diterima adalah warna biru, sedangkan jika

panjang gelombang berkisar antara 570 sampai dengan 600 nm, warna yang terlihat adalah kuning, sedang campuran merah dan hijau terlihat kuning.

Saturation menyatakan tingkat kemurnian warna atau seberapa banyak cahaya putih yang tercampur dengan *hue*. Setiap warna murni bersaturasi 100% dan tidak mengandung cahaya putih sama sekali. Dengan kata lain, suatu warna murni yang bercampur dengan cahaya putih memiliki saturasi antara 0 dan 100%.

Brightness atau kadang disebut *lightness* (kecerahan) menyatakan intensitas pantulan objek yang diterima mata. Intensitas dapat dinyatakan sebagai perubahan warna putih menuju abu-abu dan terakhir mencapai ke warna hitam, atau yang dikenal dengan istilah aras keabuan. Perlu diketahui, istilah kromatik berarti gabungan antara *hue* dan *saturation* dan istilah akromatik merujuk ke kecerahan.

Berdasarkan Gonzalez dan Woods (Kadir dan Susanto, 2013) mendefinisikan ruang warna (atau kadang disebut sistem warna atau model warna) sebagai suatu spesifikasi sistem koordinat dan suatu subruang dalam sistem tersebut dengan setiap warna dinyatakan dengan satu titik di dalamnya. Tujuan dibentuknya ruang warna adalah untuk memfasilitasi spesifikasi warna dalam bentuk suatu standar. Ruang warna yang paling dikenal pada perangkat komputer adalah RGB, yang sesuai dengan watak manusia dalam menangkap warna. Namun, kemudian dibuat banyak ruang warna, antara lain HSI, CMY, LUV, HSV, dan YIQ. HSV (*Hue Saturation Value*) terkadang dinamakan HSB (*Hue Saturation Brightness*).



Gambar 2.5 Ruang Warna HSV pada Matlab.

Model HSV, yang pertama kali diperkenalkan A. R. Smith pada tahun 1978, ditunjukkan pada Gambar 3. Untuk mendapatkan nilai H, S, V berdasarkan R, G, dan B, terdapat beberapa cara (Kadir dan Susanto,

2013). Cara yang tersederhana menurut Acharya dan Ray adalah seperti berikut (Kadir dan Susanto, 2013).

$$H = \tan\left(\frac{3(G - B)}{(R - G) + (R - B)}\right),$$

$$S = 1 - \frac{\min(R, G, B)}{V},$$

$$V = \frac{R + G + B}{3}$$

Namun, cara ini membuat *hue* tidak terdefinisikan kalau *S* bernilai nol, jika pada keadaan khusus yaitu nilai $R = G = B$ yang akan menghasilkan nilai *H* tidak terdefinisi, maka tingkat kecerahan pada suatu warna menjadi keabuan menuju putih. Pada dasarnya nilai *H* dan *S* memiliki hubungan untuk menentukan tingkat kecerahan suatu warna, dimana nilai *H* merupakan lebar sudut dari nilai *S* dan *V*. Cara kedua menurut Acharya dan Ray (Kadir dan Susanto, 2013) terdapat pada Rumus-rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$r = \frac{R}{(R+G+B)}, \quad g = \frac{G}{(R+G+B)}, \quad b = \frac{B}{(R+G+B)} \quad (2.1)$$

$$V = \max(r, g, b) \quad (2.2)$$

$$S = \begin{cases} 0, & \text{jika } V = 0 \\ 1 - \frac{\min(r, g, b)}{V}, & \text{jika } V > 0 \end{cases} \quad (2.3)$$

$$H = \begin{cases} 0, & \text{jika } S = 0 \\ \frac{60 \times (g - b)}{S \times V}, & \text{jika } V = r \\ 60 \times \left[2 + \frac{b - r}{S \times V} \right], & \text{jika } V = g \\ 60 \times \left[4 + \frac{r - g}{S \times V} \right], & \text{jika } V = b \end{cases} \quad (2.4)$$

$$H = H + 360, \text{ jika } H < 0 \quad (2.5)$$

2.2.4 Fuzzy C-Means (FCM)

Fuzzy C-Means adalah suatu teknik *clustering* (pengelompokan) data di mana keberadaan titik-titik data dalam suatu *cluster* ditentukan oleh derajat keanggotaan. Penentuan titik *cluster* dilakukan secara berulang-ulang hingga diperoleh data yang akurat berdasarkan derajat keanggotaannya. Perulangan ini didasarkan pada minimalisasi fungsi objektif yang menggambarkan jarak dari titik data ke pusat *cluster* yang terbobot oleh derajat keanggotaan. Akibat adanya derajat keanggotaan tersebut, maka suatu titik data bisa dimiliki lebih dari satu kelompok. Metode ini merupakan minimasi dari fungsi objektif sebagai berikut:

$$J_m = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \left(\left[\sum_{j=1}^w (x_{ij} - v_{ik})^2 \right] (u_{ik})^m \right), \quad (2.6)$$

dimana variabel x_{ij} merupakan matriks awal, $i = 1, 2, \dots, n$ dan $j = 1, 2, \dots, w$, variabel w merupakan tupel (elemen data), variabel m merupakan konstanta yang berisi angka lebih besar dari satu, variabel n merupakan jumlah data, variabel c merupakan jumlah cluster, variabel v_{kj} merupakan pusat *cluster* k , u_{ik} merupakan derajat keanggotaan. Dengan menggunakan fungsi objektif, *Fuzzy C-Means* mempartisi data masuk ke dalam *cluster-cluster* hingga optimasi dari fungsi objektif tercapai. Fungsi objektif berfungsi untuk meminimumkan jarak antar data dengan titik pusat *cluster*. Untuk proses perubahan *membership* atau keanggotaan data digunakan persamaan dan pembaruan pusat *cluster* menggunakan persamaan berikut ini :

$$v_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n ((u_{ik})^m x_{ij})}{\sum_{i=1}^n (u_{ik})^m}, \quad (2.7)$$

$$u_{ik} = \frac{\left[\sum_{j=1}^w (x_{ij} - v_{ik})^2 \right]^{\frac{-1}{m-1}}}{\sum_{h=1}^c \left[\sum_{j=1}^w (x_{ij} - v_{ih})^2 \right]^{\frac{-1}{m-1}}}. \quad (2.8)$$

Metode FCM akan melakukan *update* nilai fungsi dengan persamaan (2.8) sejumlah iterasi yang ditentukan oleh batasan iterasi atau saat ditemukannya solusi. Pusat *cluster* dihitung dengan persamaan (2.7) hal ini pun disesuaikan dengan jumlah iterasi yang ada.

(Vibhute dan Bodhe, 2012)

Algoritma dari metode ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan beberapa variabel nilai awal dari parameter yang digunakan.

- c : Jumlah *cluster* yang akan digunakan, $c = 3$;
- n : Jumlah data yang akan digunakan;
- Maksimum iterasi = MaxIter;
- ε : Error;
- P_0 : Fungsi objektif awal, $P_0 = 0$;
- t : Iterasi awal, $t = 1$;

2. Membangkitkan bilangan *random* (u_{ik}) dimana $i = (1, 2, 3, \dots, n)$; $k = (1, 2, 3, \dots, c)$ sebagai elemen matriks partisi awal U .

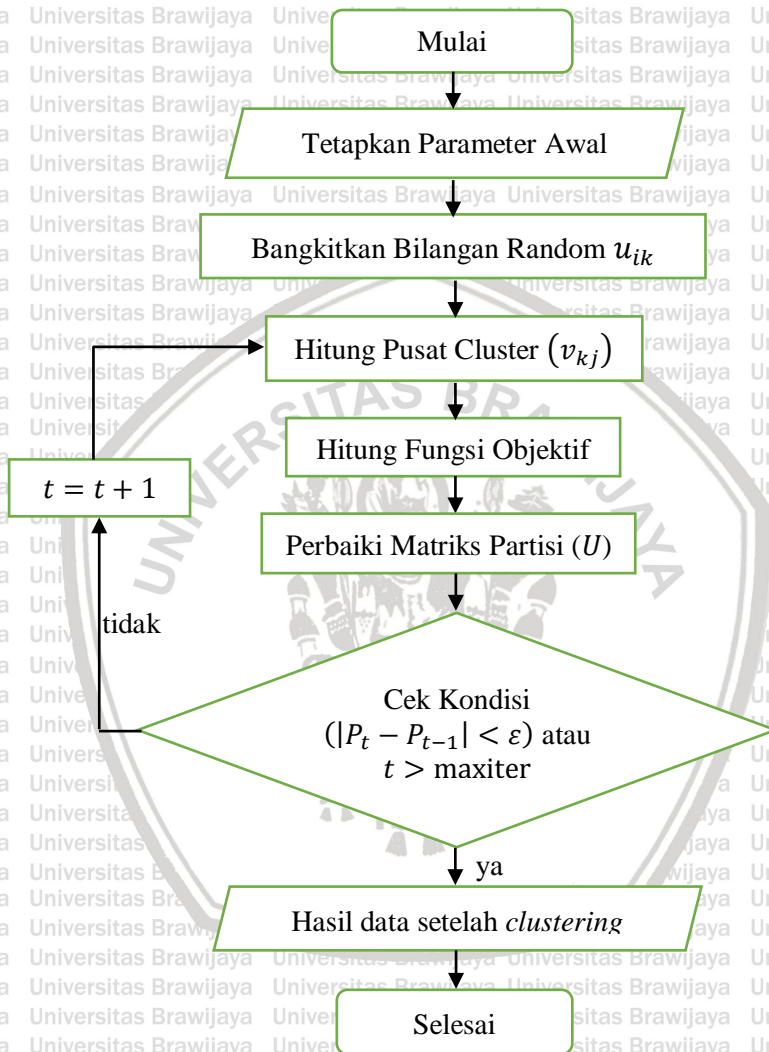
Jumlah tiap atribut : $Q_i = \sum_{k=1}^c u_{ik}$.

Hitung:

$$u_{ik} = \frac{u_{ik}}{Q_i}$$

3. Menghitung pusat *cluster* ke - k : v_k dimana $k = 1, 2, \dots, c$, dengan menggunakan persamaan (2.7).
 4. Menghitung fungsi objektif iterasi ke - t , dengan menggunakan persamaan (2.6).
 5. Menghitung perubahan matriks partisi, dimana $h = 1, 2, \dots, c$, dengan menggunakan persamaan (2.8).
- Cek kondisi berarti berhenti,
- Jika $(P_t - P_{t-1} < \varepsilon)$ atau $(t > \text{MaxIter})$ maka stop;
 - Jika tidak: $t = t + 1$, ulangi langkah ke 4.

Langkah-langkah Metode *Fuzzy C-Means* dijelaskan dalam diagram alir



pada Gambar 2.6.

Gambar 2.6 Diagram Alir Langkah-langkah Metode *Fuzzy C-Means*.



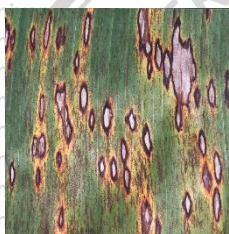
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Data Penelitian

Pada penelitian ini data uji yang digunakan yaitu citra alami. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *Fuzzy C-Means* (FCM) untuk mendapatkan hasil pemisahan warna pada citra.

Data citra alami diambil dari data penelitian Ouadfel dan Meshoul (2012). Citra yang digunakan yaitu citra daun (Daun.jpg), citra medis (Otak.jpg), dan citra landzat (Landzat.jpg). Ukuran yang digunakan pada citra tersebut masing-masing 256×256 pixel. Citra yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.1 (a) Daun.jpg, (b) Otak.jpg, (c) Landzat.jpg.

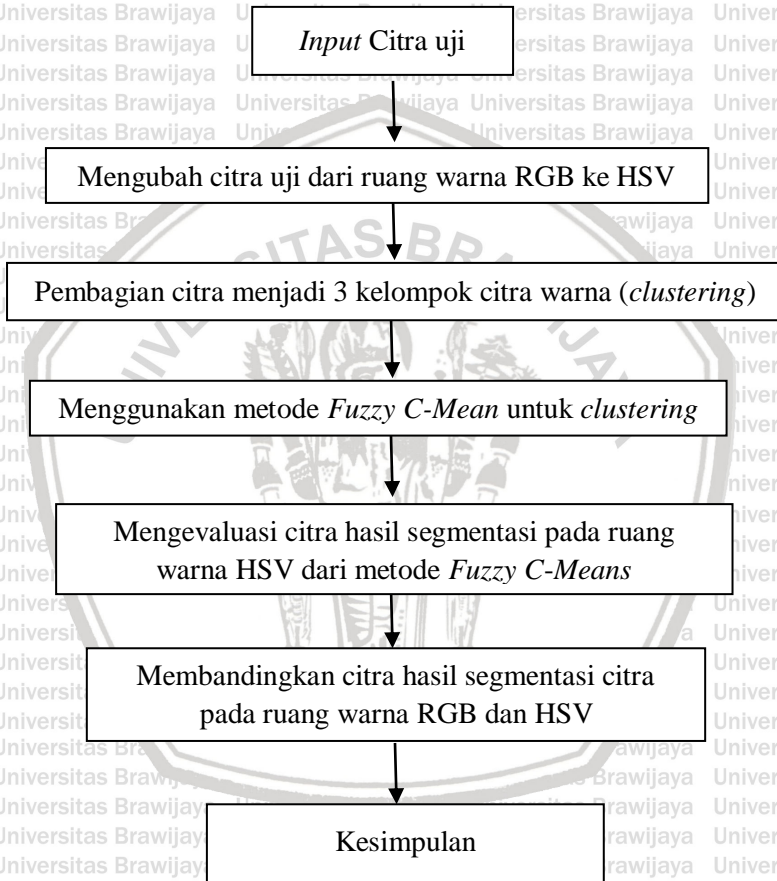
3.2 Analisis Data

Langkah-langkah analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan citra alami pada data uji.
2. Menggunakan ruang warna HSV pada data uji.
3. Membagi citra menjadi 3 (tiga) kelompok citra warna dengan *clustering*.
4. Menggunakan metode *Fuzzy C-Means* pada data uji.
5. Mengevaluasi citra dengan menggunakan aplikasi MATLAB, menggunakan ruang warna HSV dan Metode *Fuzzy C-Means* untuk *clustering*.

6. Menginterpretasikan hasil segmentasi citra dari perbandingan citra uji pada ruang warna HSV dan RGB.
7. Memberikan kesimpulan hasil uji.

Langkah-langkah analisis data dijelaskan dalam diagram alir pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Alir Langkah-langkah Analisis Data.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Citra Uji

Citra uji yang digunakan pada skripsi ini yaitu citra uji pertama yang digunakan adalah citra daun (Daun.jpg), citra medis (Otak.jpg), dan citra landzat (Landzat.jpg). Ukuran yang digunakan pada citra tersebut masing-masing 256×256 pixel.

4.1.1 Citra Uji

Citra uji yang digunakan pada skripsi ini akan dibagi menjadi 3 *cluster* yang sesuai dengan kriteria yang akan dilakukan.

4.1.2 Pembagian Kelompok Citra (*Clustering*)




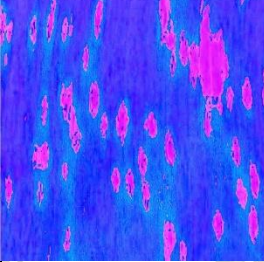
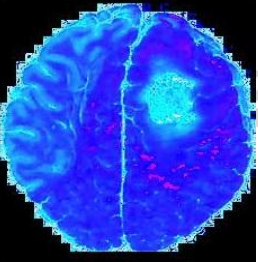
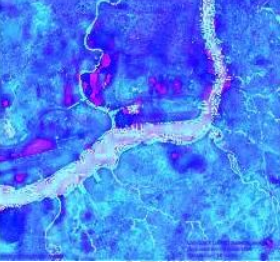
Clustering merupakan tantangan besar dalam proses segmentasi citra. Semakin berkembangnya metode segmentasi citra, *clustering* pada citra dengan kerapatan warna yang detail sengaja dibangkitkan sebagai tantangan untuk memperoleh metode segmentasi yang lebih baik. Metode segmentasi yang baik diharapkan mampu menangani masalah segmentasi yang semakin kompleks.

4.1.3 Transformasi Citra Uji ke Ruang Warna HSV

Citra uji yang telah dibagi dalam 3 citra warna, kemudian di transformasi ke ruang warna HSV. Proses transformasi ke ruang warna HSV dilakukan dengan cara mencari nilai rata-rata dari data matriks *red*, *green*, dan *blue* pada citra kemudian di ubah dalam bentuk nilai *hue*, *saturation*, dan *value* yang kemudian akan di proses dengan metode *clustering*.

Proses transformasi citra dalam ruang warna RGB ke HSV menggunakan persamaan 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, dan 2.5. Hasil transformasi dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Proses Transformasi Citra ke Ruang Warna HSV

Citra uji	Daun.jpg	Otak.jpg	Landzat.jpg
Citra RGB			
Citra dalam Ruang Warna HSV			

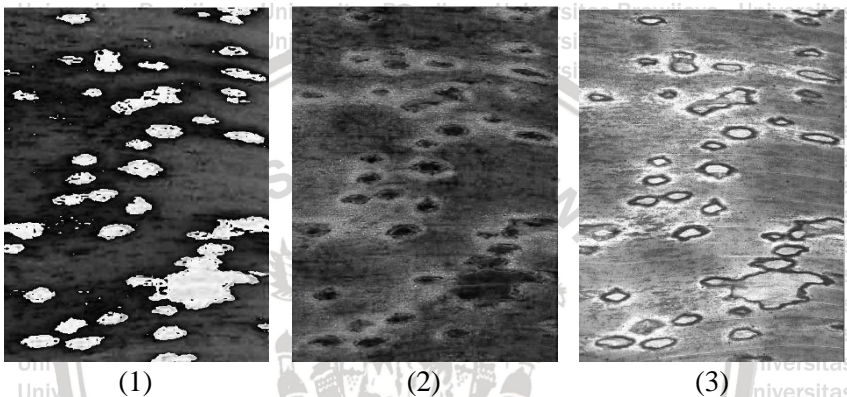
4.1.3.1 Pengujian Citra Uji 1 (Daun.jpg) menggunakan HSV

Pada bagian ini akan dilakukan pembagian daerah (*clustering*) dari citra uji 1 yaitu Daun.jpg dengan menggunakan bantuan ruang warna HSV. Inisialisasi awal pada percobaan ini yaitu citra uji 1 yang ditransformasikan ke dalam ruang warna HSV. Citra uji 1 dapat dilihat pada Gambar 4.1.

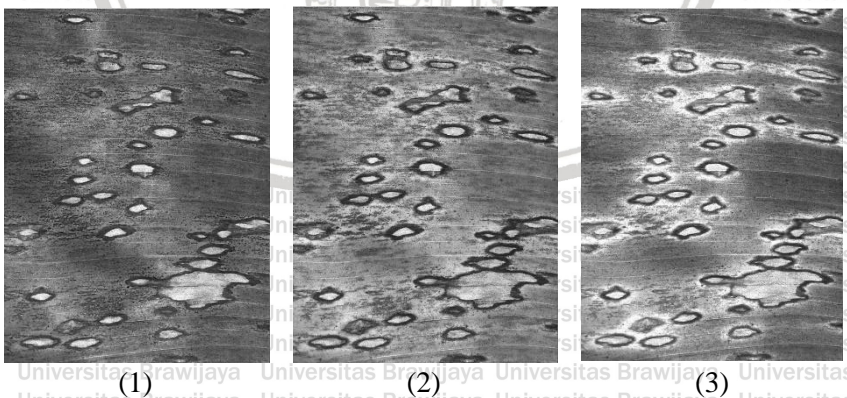


Gambar 4.1 Citra uji 1.

Hasil pengamatan dari Gambar 4.2 dan 4.3 menunjukkan bahwa ruang warna HSV dapat membedakan bagian-bagian daerah citra lebih akurat dibandingkan dengan ruang warna RGB. Komponen *Hue* (H), Komponen *Saturation* (S), dan Komponen *Value* (V) dari citra uji 1 dapat dilihat pada Gambar 4.2, sedangkan Komponen *Red* (R), Komponen *Green* (G), dan Komponen *Blue* (B) dapat dilihat pada Gambar 4.3. Komponen-komponen tersebut akan menjadi masukan untuk metode FCM. Pada percobaan pertama yang menjadi masukan R, G, B dan percobaan kedua H,S,V.



Gambar 4.2 Komponen citra uji 1 pada ruang warna HSV. (1) Komponen *Hue*, (2) Komponen *Saturation*, (3) Komponen *Value*.



Gambar 4.3 Komponen citra uji 1 pada ruang warna RGB. (1) Komponen *Red*, (2) Komponen *Green*, (3) Komponen *Blue*.

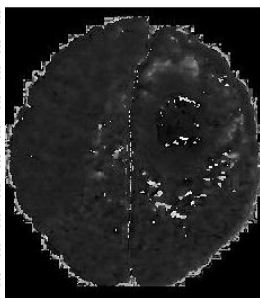
4.1.3.2 Pengujian Citra Uji 2 (Otak.jpg) menggunakan HSV

Pada bagian ini akan dilakukan pembagian daerah (*clustering*) dari citra uji 2 yaitu Otak.jpg dengan menggunakan bantuan ruang warna HSV. Inisialisasi awal pada percobaan ini yaitu citra uji 2 yang ditranformasikan ke dalam ruang warna HSV. Citra uji 2 dapat dilihat pada Gambar 4.4.

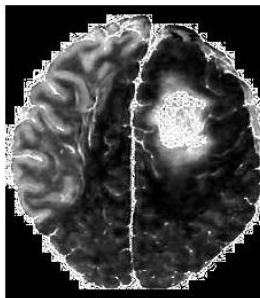


Gambar 4.4 Citra uji 2.

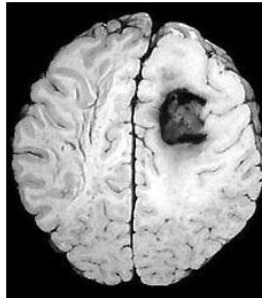
Hasil pengamatan dari Gambar 4.5 dan 4.6 menunjukkan bahwa ruang warna HSV dapat membedakan bagian-bagian daerah citra lebih akurat dibandingkan dengan ruang warna RGB. Komponen *Hue* (H), Komponen *Saturation* (S), dan Komponen *Value* (V) dari citra uji 1 dapat dilihat pada Gambar 4.5, sedangkan Komponen *Red* (R), Komponen *Green* (G), dan Komponen *Blue* (B) dapat dilihat pada Gambar 4.6. Komponen-komponen tersebut akan menjadi masukan untuk metode FCM. Pada percobaan pertama yang menjadi masukan R, G, B dan percobaan kedua H,S,V.



(1)

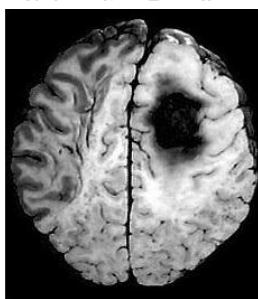


(2)

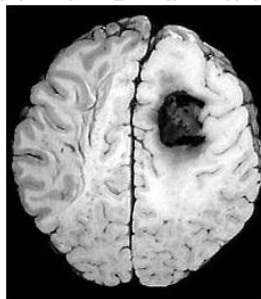


(3)

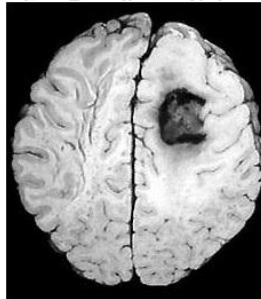
Gambar 4.5 Komponen citra uji 2 pada ruang warna HSV. (1) Komponen *Hue*, (2) Komponen *Saturation*, (3) Komponen *Value*.



(1)



(2)



(3)

Gambar 4.6 Komponen citra uji 2 pada ruang warna RGB. (1) Komponen *Red*, (2) Komponen *Green*, (3) Komponen *Blue*.

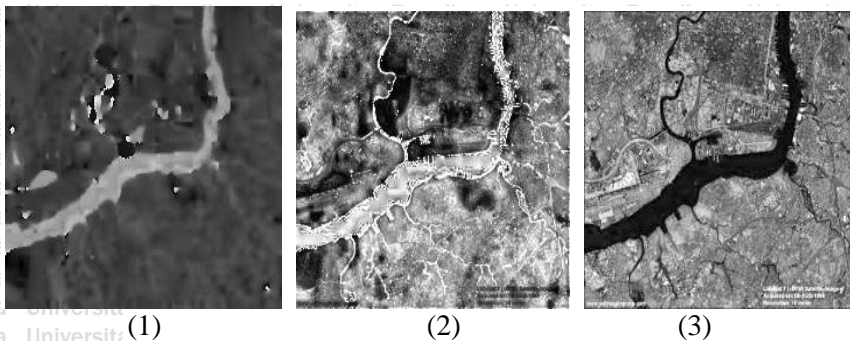
4.1.3.3 Pengujian Citra Uji 3 (Landzat.jpg) menggunakan HSV

Pada bagian ini akan dilakukan pembagian daerah (*clustering*) dari citra uji 3 yaitu Landzat.jpg dengan menggunakan bantuan ruang warna HSV. Inisialisasi awal pada percobaan ini yaitu citra uji 3 yang ditranformasikan ke dalam ruang warna HSV. Citra uji 3 dapat dilihat pada Gambar 4.7.

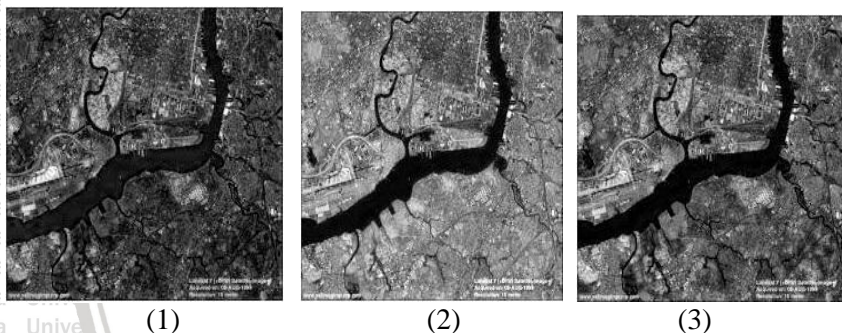


Gambar 4.7 Citra uji 3.

Hasil pengamatan dari Gambar 4.8 dan 4.9 menunjukkan bahwa ruang warna HSV dapat membedakan bagian-bagian daerah citra lebih akurat dibandingkan dengan ruang warna RGB. Komponen *Hue* (H), Komponen *Saturation* (S), dan Komponen *Value* (V) dari citra uji 1 dapat dilihat pada Gambar 4.8, sedangkan Komponen *Red* (R), Komponen *Green* (G), dan Komponen *Blue* (B) dapat dilihat pada Gambar 4.9. Komponen-komponen tersebut akan menjadi masukan untuk metode FCM. Pada percobaan pertama yang menjadi masukan R, G, B dan percobaan kedua H,S,V.



Gambar 4.8 Komponen citra uji 3 pada ruang warna HSV. (1) Komponen *Hue*, (2) Komponen *Saturation*, (3) Komponen *Value*.



Gambar 4.9 Komponen citra uji 3 pada ruang warna RGB. (1) Komponen *Red*, (2) Komponen *Green*, (3) Komponen *Blue*.

4.2 Percobaan

Percobaan dilakukan pada setiap Citra uji dengan menggunakan metode yang sama dan pada ruang warna yang sama.

4.2.1 Pengantar Percobaan

Pada bagian ini akan dilakukan *clustering* pada masing-masing citra uji (Daun.jpg, Otak.jpg, dan Landzat.jpg) menggunakan program MATLAB. Adapun metode yang digunakan dalam proses *clustering* yaitu metode *Fuzzy C-Means*.

Percobaan dilakukan dengan pengujian pada masing-masing citra, yaitu *clustering* dengan metode FCM pada masing-masing citra.

Uji pertama, dilakukan *clustering* citra dengan metode FCM pada citra di ruang warna RGB, sedangkan percobaan kedua dilakukan segmentasi citra dengan metode FCM pada ruang warna HSV.

Penggunaan metode ini pada objek dilakukan untuk mengetahui hasil segmentasi citra pada ruang warna RGB atau HSV yang lebih baik digunakan untuk metode *Fuzzy C-Means*.

4.2.2 Perhitungan Manual Metode Pengujian

Perhitungan manual dilakukan untuk mengetahui apakah perhitungan manual dan perhitungan matlab memiliki hasil yang sama.

4.2.2.1 Perhitungan transformasi RGB ke HSV

Untuk mentransformasi dari RGB ke HSV. Diasumsikan koordinat-koordinat R, G, B $[0,1]$ adalah berurutan merah, hijau, biru dalam ruang warna RGB, dengan max adalah nilai maksimum dari nilai red, green, blue, dan min adalah nilai minimum dari nilai red, green, blue. Untuk memperoleh sudut *hue* $[0,360]$ yang tepat untuk ruang warna HSV, menggunakan rumus seperti berikut:

$$h(\text{hue}) = \begin{cases} 0, & \text{jika max} = \text{min} \\ 60^\circ \times \left(\frac{G-B}{\text{max} - \text{min}} \bmod 6 \right), & \text{jika max} = R \\ 60^\circ \times \left(\frac{G-B}{\text{max} - \text{min}} + 2 \right), & \text{jika max} = G \\ 60^\circ \times \left(\frac{R-G}{\text{max} - \text{min}} + 4 \right), & \text{jika max} = B \end{cases}$$

Nilai-nilai untuk s dan v pada HSV didefinisikan sebagai berikut :

$$s(\text{saturation}) = \begin{cases} 0, & \text{jika max} = \text{min} \\ \frac{\text{max} - \text{min}}{V}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$V(\text{value}) = \text{max}.$$

Rumus di atas menghasilkan nilai value dan saturation dalam jangkauan RGB $[0,1]$. Kalikan dahulu dengan 255 untuk memperoleh nilai dengan jangkauan RGB $[0,255]$. Misalnya, ingin ditransformasikan $RGB(65, 27, 234)$ ke dalam bentuk HSV, maka langkahnya adalah sebagai berikut:

Setiap nilai $RGB(65, 27, 234)$ diubah dalam jangkauan $[0,1]$ dengan membagi setiap nilai dengan 255:

$$\text{menjadi } \left(\frac{65}{255}, \frac{27}{255}, \frac{234}{255} \right) = (0.255, 0.106, 0.918)$$

$RGB(0.255, 0.106, 0.918)$ ini yang akan ditransformasikan ke bentuk HSV.

$$\max = \text{nilai B (blue)} = 0.918$$

$$\min = \text{nilai G (green)} = 0.106$$

$$\max - \min = 0.918 - 0.106 = 0.812$$

$$h (\text{hue}) = 60^\circ \times \left(\frac{R - G}{\max - \min} + 4 \right), \text{ karena } \max = B (\text{blue})$$

$$= 60^\circ \times \left(\frac{0.255 - 0.106}{0.812} + 4 \right)$$

$$= 251^\circ$$

$$v (\text{value}) = \max \\ = 0.918$$

$$s (\text{saturation}) = \frac{\max - \min}{v}, \text{ karena } \max \neq \min \\ = \frac{0.812}{0.918} \\ = 0.885$$

sehingga nilai $RGB(65, 27, 234)$ ditransformasikan menjadi $HSV(251, 0.885, 0.918)$ dengan jangkauan $RGB [0,1]$.

4.2.2.2 Perhitungan Metode FCM

Misalkan diberikan sebuah citra yang memiliki nilai dalam bentuk matriks sebagai berikut

$$x_{ij} = \begin{bmatrix} 4 & 6 & 1 \\ 9 & 2 & 4 \\ 3 & 1 & 6 \\ 12 & 2 & 8 \\ 11 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Banyak Cluster : $c = 2$, Banyak Data : $n = 5$,

Derajat keanggotaan : $m = 2$, Maksimum Iterasi : $\maxIter = 5$,

Error Minimum : $\varepsilon = 0.01$, Fungsi Objektif Awal : $P_0 = 0$,
Iterasi Awal : $t = 1$.

Berikut ini adalah langkah metode FCM untuk melakukan segmentasi pada citra x_{ij} .

1. Bangkitkan bilangan random (u_{ik}) sebagai elemen matriks awal (U).

- Pertama kita harus membangkitkan sebuah bilangan random (u_{ik}) dalam bentuk sebuah matriks awal (U).

$$U = \begin{bmatrix} 0.1622 & 0.6020 & 0.4505 \\ 0.7943 & 0.2630 & 0.0838 \\ 0.3112 & 0.6541 & 0.2290 \\ 0.5285 & 0.6892 & 0.9133 \\ 0.1656 & 0.7482 & 0.1524 \end{bmatrix}$$

- Kedua kita harus menjumlahkan nilai setiap baris pada matriks (U) dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_j = \sum_{i=1}^n u_{ik}$$

kemudian akan didapat nilai Q_j seperti berikut:

$$Q_j = \begin{bmatrix} 1.2147 \\ 1.1411 \\ 1.1943 \\ 2.1310 \\ 1.0662 \end{bmatrix}$$

Karena jumlah setiap baris dari matriks tersebut lebih dari 1 maka dilakukan normalisasi matriks (u_{ik}) dimana setiap baris dibagi dengan jumlah setiap baris pada setiap kolom dengan cara seperti berikut:

$$u_{ik} = \frac{u_{ik}}{Q_j}$$

maka akan didapatkan nilai dalam matriks (u_{ik}) seperti berikut:

$$u_{ik} = \begin{bmatrix} 0.1622 & 0.6020 & 0.4505 \\ 1.2147 & 1.2147 & 1.2147 \\ 0.7943 & 0.2630 & 0.0838 \\ 1.1411 & 1.1411 & 1.1411 \\ 0.3112 & 0.6541 & 0.2290 \\ 1.1943 & 1.1943 & 1.1943 \\ 0.5285 & 0.6892 & 0.9133 \\ 2.1310 & 2.1310 & 2.1310 \\ 0.1656 & 0.7482 & 0.1525 \\ 1.0662 & 1.0662 & 1.0662 \end{bmatrix},$$

maka akan didapatkan hasil matriks (u_{ik}) sebagai berikut:

$$u_{ik} = \begin{bmatrix} 0.1335 & 0.4956 & 0.3709 \\ 0.6961 & 0.2305 & 0.0734 \\ 0.2606 & 0.5477 & 0.1917 \\ 0.2480 & 0.3234 & 0.4286 \\ 0.1553 & 0.7017 & 0.1429 \end{bmatrix}.$$

2. Hitung Pusat Cluster (v_{ik})

- Pertama kita akan mencari nilai setiap anggota matriks (u_{ik}) yang di pangkatkan dengan derajat keanggotaan $m = 2$

$$(u_{ik})^m = \begin{bmatrix} (0.1335)^2 & (0.4956)^2 & (0.3709)^2 \\ (0.6961)^2 & (0.2305)^2 & (0.0734)^2 \\ (0.2606)^2 & (0.5477)^2 & (0.1917)^2 \\ (0.2480)^2 & (0.3234)^2 & (0.4286)^2 \\ (0.1553)^2 & (0.7017)^2 & (0.1429)^2 \end{bmatrix}$$

maka akan didapat nilai matriks (u_{ik})^m seperti berikut:

$$(u_{ik})^m = \begin{bmatrix} 0.0178 & 0.2456 & 0.1375 \\ 0.4845 & 0.0531 & 0.0054 \\ 0.0679 & 0.3000 & 0.0367 \\ 0.0615 & 0.1046 & 0.1837 \\ 0.0241 & 0.4924 & 0.0204 \end{bmatrix}$$

- Untuk mencari pusat *cluster* kita harus mencari nilai - nilai yang dibutuhkan, nilai setiap anggota dari matriks $(u_{ik})^m$ dikalikan dengan nilai setiap anggota dari matriks x_{ij} .

➤ Kolom 1 matriks $(u_{i1})^m$ dikalikan dengan setiap nilai pada setiap kolom matriks x_{ij} :

$$(u_{i1})^m x_{ij} = \begin{bmatrix} 0.0178 \\ 0.4845 \\ 0.0679 \\ 0.0615 \\ 0.0241 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 4 & 6 & 1 \\ 9 & 2 & 4 \\ 3 & 1 & 6 \\ 12 & 2 & 8 \\ 11 & 1 & 1 \end{bmatrix},$$

maka akan didapatkan nilai pada kolom 1 sebagai berikut:

$$(u_{i1})^m x_{ij} = \begin{bmatrix} 0.0712 & 0.1068 & 0.0178 \\ 4.3605 & 0.9690 & 1.9380 \\ 0.2037 & 0.0679 & 0.4074 \\ 0.7380 & 0.1230 & 0.4920 \\ 0.2651 & 0.0241 & 0.0241 \end{bmatrix}.$$

➤ Kolom 2 matriks $(u_{i2})^m$ dikalikan dengan setiap nilai pada setiap kolom matriks x_{ij} :

$$(u_{i2})^m x_{ij} = \begin{bmatrix} 0.2456 \\ 0.0531 \\ 0.3000 \\ 0.1046 \\ 0.4924 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 4 & 6 & 1 \\ 9 & 2 & 4 \\ 3 & 1 & 6 \\ 12 & 2 & 8 \\ 11 & 1 & 1 \end{bmatrix},$$

maka akan didapatkan nilai pada kolom 2 sebagai berikut:

$$(u_{i2})^m x_{ij} = \begin{bmatrix} 0.9824 & 1.4736 & 0.2456 \\ 0.4779 & 0.1062 & 0.2124 \\ 0.9000 & 0.3000 & 1.8000 \\ 1.2552 & 0.2092 & 0.8368 \\ 5.4164 & 0.4924 & 0.4924 \end{bmatrix}.$$

- Kolom 3 matriks $(u_{i3})^m$ dikalikan dengan setiap nilai pada setiap kolom matriks x_{ij} :

$$(u_{i3})^m x_{ij} = \begin{bmatrix} 0.1375 \\ 0.0054 \\ 0.0367 \\ 0.1837 \\ 0.0204 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 4 & 6 & 1 \\ 9 & 2 & 4 \\ 3 & 1 & 6 \\ 12 & 2 & 8 \\ 11 & 1 & 1 \end{bmatrix},$$

maka akan didapatkan nilai pada kolom 3 sebagai berikut:

$$(u_{i3})^m x_{ij} = \begin{bmatrix} 0.5500 & 0.8250 & 0.1375 \\ 0.0486 & 0.0108 & 0.0216 \\ 0.1101 & 0.0367 & 0.2202 \\ 2.2044 & 0.3674 & 1.4696 \\ 0.2244 & 0.0204 & 0.0204 \end{bmatrix}.$$

- Jumlahkan nilai setiap baris $(u_{ik})^m x_{ij}$ pada setiap kolom:

$$\sum_{k=1}^w ((u_{ik})^m x_{ij}) = \begin{bmatrix} 0.1958 & 2.7016 & 1.5125 \\ 7.2675 & 0.7965 & 0.0810 \\ 0.6790 & 3.0000 & 0.3670 \\ 1.3530 & 2.3012 & 4.0414 \\ 0.3133 & 6.4012 & 0.3652 \end{bmatrix}.$$

- Jumlahkan nilai setiap baris $(u_{ik})^m$ pada setiap kolom:

$$\sum_{k=1}^w (u_{ik})^m = \begin{bmatrix} 0.4009 \\ 0.5430 \\ 0.4046 \\ 0.3498 \\ 0.5369 \end{bmatrix}.$$

- Hitung nilai pusat *cluster* (v_{ik}) setiap anggota $(u_{ik})^m x_{ij}$ dibagi dengan setiap anggota pada $(u_{ik})^m$ dengan cara seperti berikut:

$$v_{ik} = \frac{\sum_{k=1}^w ((u_{ik})^m x_{ij})}{\sum_{k=1}^w (u_{ik})^m},$$

maka akan didapatkan nilai pusat *cluster* (v_{ik}) sebagai berikut:

$$v_{ik} = \begin{bmatrix} 0.1958 & 2.7016 & 1.5125 \\ 0.4009 & 0.4009 & 0.4009 \\ 7.2675 & 0.7965 & 0.0810 \\ 0.5430 & 0.5430 & 0.5430 \\ 0.6790 & 3.0000 & 0.3670 \\ 0.4046 & 0.4046 & 0.4046 \\ 1.3530 & 2.3012 & 4.0414 \\ 0.3498 & 0.3498 & 0.3498 \\ 0.3133 & 6.4012 & 0.3652 \\ 0.5369 & 0.5369 & 0.5369 \end{bmatrix},$$

maka akan didapat nilai pusat *cluster* (v_{ik}) seperti berikut:

$$v_{ik} = \begin{bmatrix} 0.4884 & 6.7388 & 3.7727 \\ 13.3839 & 1.4668 & 0.1491 \\ 1.6782 & 7.4147 & 0.9070 \\ 3.8679 & 6.5786 & 11.5534 \\ 0.5835 & 11.9225 & 0.6802 \end{bmatrix}.$$

3. Hitung Fungsi Objektif

- Untuk mencari Fungsi Objektif kita harus mencari nilai - nilai yang dibutuhkan.

➤ Pertama, hitung fungsi objektif P_t dimana nilai variable x_{ij} di kurang dengan dengan pusat cluster v_{ik} :

$$(x_{ij} - v_{ik}) = \begin{bmatrix} 4 & 6 & 1 \\ 9 & 2 & 4 \\ 3 & 1 & 6 \\ 12 & 2 & 8 \\ 11 & 1 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0.4884 & 6.7388 & 3.7727 \\ 13.3839 & 1.4668 & 0.1491 \\ 1.6782 & 7.4147 & 0.9070 \\ 3.8679 & 6.5786 & 11.5534 \\ 0.5835 & 11.9225 & 0.6802 \end{bmatrix},$$

maka akan didapatkan nilai seperti berikut:

$$(x_{ij} - v_{ik}) = \begin{bmatrix} 3.5116 & -0.7338 & -2.7727 \\ -4.3839 & 0.5332 & 3.8509 \\ 1.3218 & -6.4147 & 5.0930 \\ 8.1321 & -4.5786 & -3.5534 \\ 10.4165 & -10.9225 & 0.3198 \end{bmatrix}$$

- Kedua, kemudian setiap anggota hasil pengurangannya di kuadratkan:

$$(x_{ij} - v_{ik})^2 = \begin{bmatrix} 3.5116^2 & -0.7338^2 & -2.7727^2 \\ -4.3839^2 & 0.5332^2 & 3.8509^2 \\ 1.3218^2 & -6.4147^2 & 5.0930^2 \\ 8.1321^2 & -4.5786^2 & -3.5534^2 \\ 10.4165^2 & -10.9225^2 & 0.3198^2 \end{bmatrix},$$

maka akan didapatkan nilai seperti berikut:

$$(x_{ij} - v_{ik})^2 = \begin{bmatrix} 12.3313 & 53.8462 & 7.6878 \\ 19.2185 & 0.2843 & 14.8294 \\ 1.7471 & 41.1483 & 25.9386 \\ 66.1310 & 20.9635 & 12.6266 \\ 108.5034 & 119.3010 & 0.1022 \end{bmatrix},$$

- Ketiga, kemudian setiap anggota hasil kuadrat di jumlahkan:

$$\left[\sum_{j=1}^w (x_{ij} - v_{ik})^2 \right] = \begin{bmatrix} 73.8653 \\ 34.3322 \\ 68.8340 \\ 99.7211 \\ 227.9066 \end{bmatrix},$$

kemudian setiap anggota hasil dikalikan dengan setiap nilai pada setiap kolom matriks $(u_{ik})^m$:

$$\left[\sum_{j=1}^w (x_{ij} - v_{ik})^2 \right] (u_{ik})^m = \begin{bmatrix} 73.8653 \\ 34.3322 \\ 68.8340 \\ 99.7211 \\ 227.9066 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.0178 & 0.2456 & 0.1375 \\ 0.4845 & 0.0531 & 0.0054 \\ 0.0679 & 0.3000 & 0.0367 \\ 0.0615 & 0.1046 & 0.1837 \\ 0.0241 & 0.4924 & 0.0204 \end{bmatrix},$$

maka akan didapatkan nilai seperti berikut:

$$\left[\sum_{j=1}^w (x_{ij} - v_{ik})^2 \right] (u_{ik})^m = \begin{bmatrix} 1.3148 & 18.1413 & 10.1564 \\ 16.6339 & 1.8230 & 0.1853 \\ 4.6738 & 20.6502 & 2.5262 \\ 6.1328 & 10.4308 & 18.3187 \\ 5.4925 & 112.2212 & 4.6492 \end{bmatrix},$$

setelah itu jumlahkan semua nilai di semua *cluster* untuk mendapatkan fungsi objektif P_t :

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \left(\left(\sum_{j=1}^w (x_{ij} - v_{ik})^2 \right) (u_{ik})^m \right) = \begin{bmatrix} 29.6125 \\ 18.6422 \\ 27.8502 \\ 34.8823 \\ 122.3629 \end{bmatrix},$$

maka akan didapatkan nilai seperti berikut

$$P_t = 233.3501$$

4. Hitung Perubahan Matriks Partisi (U)

- Setiap anggota hasil dipangkatkan dengan $\frac{-1}{m-1}$, dimana $m = 2$

$$\left[(x_{ij} - v_{ik})^2 \right]^{\frac{-1}{m-1}} = \begin{bmatrix} 12.3313^{-1} & 53.8462^{-1} & 7.6878^{-1} \\ 19.2185^{-1} & 0.2843^{-1} & 14.8294^{-1} \\ 1.7471^{-1} & 41.1483^{-1} & 25.9386^{-1} \\ 66.1310^{-1} & 20.9635^{-1} & 12.6266^{-1} \\ 108.5034^{-1} & 119.3010^{-1} & 0.1022^{-1} \end{bmatrix},$$

maka akan didapatkan nilai seperti berikut:

$$\left[(x_{ij} - v_{ik})^2 \right]^{\frac{-1}{m-1}} = \begin{bmatrix} 0.0811 & 0.0186 & 0.1301 \\ 0.0520 & 3.5174 & 0.0674 \\ 0.5724 & 0.0243 & 0.0386 \\ 0.0151 & 0.0477 & 0.0792 \\ 0.0092 & 0.0084 & 9.7847 \end{bmatrix},$$

kemudian jumlahkan hasil setiap barisnya:

$$\sum_{k=1}^c \left(\left[(x_{ij} - v_{ik})^2 \right]^{\frac{-1}{m-1}} \right) = \begin{bmatrix} 0.2298 \\ 3.6368 \\ 0.6353 \\ 0.1420 \\ 9.8023 \end{bmatrix}.$$

- Kemudian update matriks partisi dengan rumus berikut:

$$U = \frac{\left[(x_{ij} - v_{ik})^2 \right]^{\frac{-1}{m-1}}}{\sum_{k=1}^c \left(\left[(x_{ij} - v_{ik})^2 \right]^{\frac{-1}{m-1}} \right)}$$

0.0811	0.0186	0.1301
0.2298	0.2298	0.2298
0.0520	3.5174	0.0674
3.6368	3.6368	3.6368
0.5724	0.0243	0.0386
0.6353	0.6353	0.6353
0.0151	0.0477	0.0792
0.1420	0.1420	0.1420
0.0092	0.0084	9.7847
9.8023	9.8023	9.8023

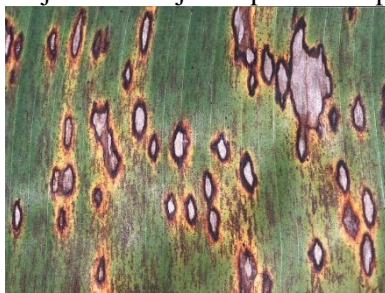
maka akan didapatkan hasil seperti berikut:

$$U = \begin{bmatrix} 0.3529 & 0.0809 & 0.5661 \\ 0.0143 & 0.9672 & 0.0185 \\ 0.9010 & 0.0382 & 0.0608 \\ 0.1063 & 0.3359 & 0.5577 \\ 0.0009 & 0.0008 & 0.9982 \end{bmatrix}$$

4.2.3 Pengujian hasil *clustering* Citra uji 1 (Daun.jpg)

menggunakan Ruang Warna

Pada bagian ini akan dilakukan pembagian daerah (*clustering*) dari citra uji 1 yaitu Daun.jpg dengan menggunakan Metode FCM pada ruang warna HSV dan RGB. Langkah awal pada percobaan ini yaitu citra uji 1 yang ditransformasikan ke dalam ruang warna HSV kemudian dilakukan proses *clustering* menggunakan metode FCM, kemudian citra uji 1 ditransformasikan ke dalam ruang warna RGB. Pada percobaan ini dilakukan *clustering* menjadi 3 bagian daerah yang diharapkan dapat membedakan daun warna hijau, daun yang terkena penyakit dan daun yang kering pada Citra Uji 1. Citra uji 1 dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Citra uji 1.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa metode FCM dalam ruang warna HSV mendeteksi bagian-bagian daerah lebih akurat dibandingkan dengan metode FCM dalam ruang warna RGB. Hasil *clustering* menggunakan metode FCM ditunjukkan oleh Tabel 4.3 (1). Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa pembagian daerah lebih akurat di setiap daerah. Hasil *clustering* metode FCM menggunakan ruang warna HSV menunjukkan bahwa terdapat beberapa bagian yang tidak terdeteksi dengan baik, seperti pada Tabel 4.3 (2). Daerah yang memiliki warna berbeda pada gambar tersebut memiliki beberapa daerah yang mengalami kesalahan deteksi pada objek, sangat sulit untuk mencari perbedaan hasil dari kedua metode dengan kasat mata, namun apabila kita menggunakan bantuan ruang warna HSV maka akan terlihat perbedaannya, sehingga hasil deteksi metode FCM lebih akurat.

Waktu komputasi yang diperlukan untuk *clustering* dalam ruang warna HSV oleh metode FCM memiliki hasil yang hampir sama cepatnya. Namun, pada citra ini waktu yang dibutuhkan sedikit lebih

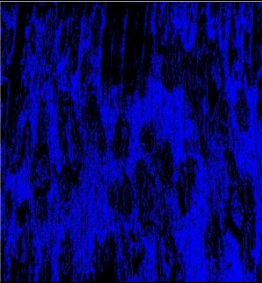

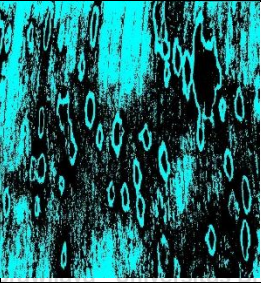
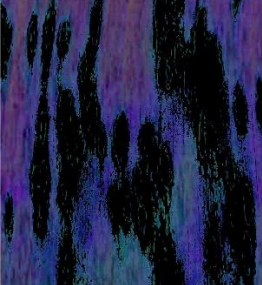
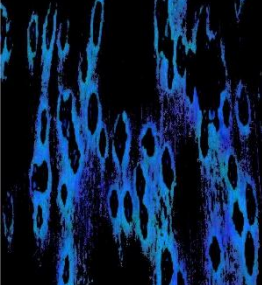



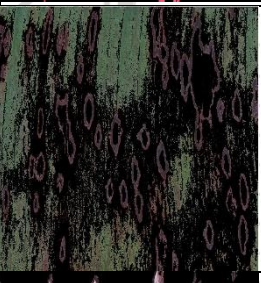
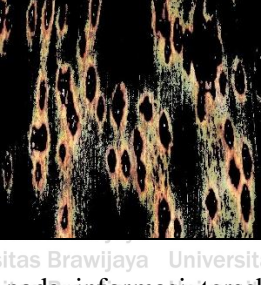

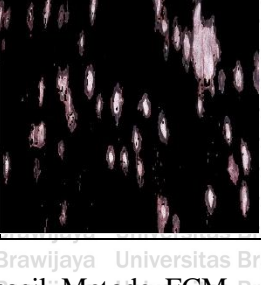
cepat dibandingkan dengan metode FCM dalam ruang warna RGB. Hasil pengamatan pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa waktu komputasi yang diperlukan oleh metode FCM dalam ruang warna HSV yaitu 383.502 detik dan membutuhkan 69 iterasi. Sedangkan, waktu komputasi metode FCM dalam ruang warna RGB lebih kecil yaitu 388.433 detik dan membutuhkan jumlah iterasi yang sama yaitu 32 iterasi. Hal ini menunjukkan bahwa dalam hal kecepatan *clustering*, metode FCM dalam ruang warna HSV lebih unggul. Sedangkan dalam hal jumlah iterasi, metode FCM dalam ruang warna HSV maupun RGB memiliki hasil yang seimbang.

Tabel 4.2 Hasil Pengamatan Proses *Clustering* pada Citra Uji 1.

METODE FCM	PENGAMATAN	
	WAKTU KOMPUTASI	ITERASI
HSV	383.502 detik	69 iterasi
RGB	388.433 detik	32 iterasi

Tabel 4.3 Hasil Proses *Clustering* Metode FCM dalam Ruang Warna pada Citra Uji 1.

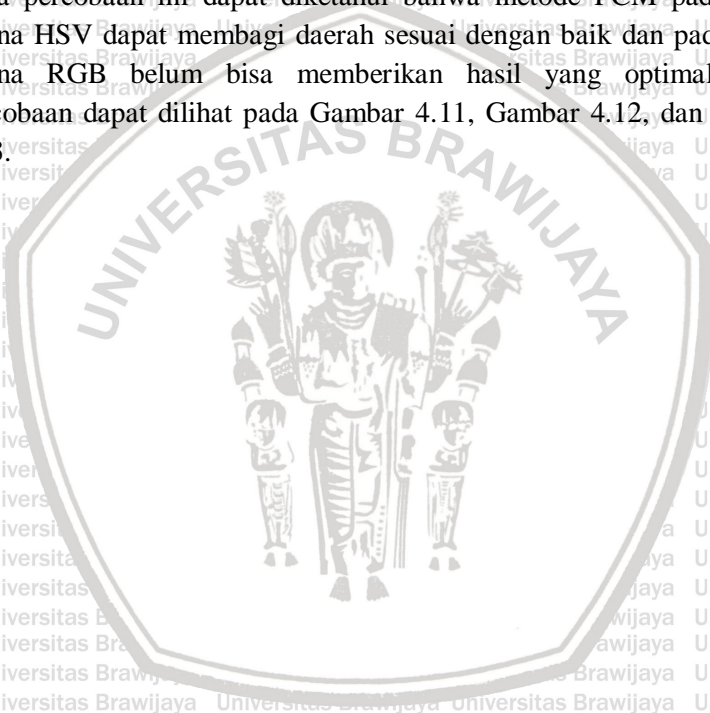


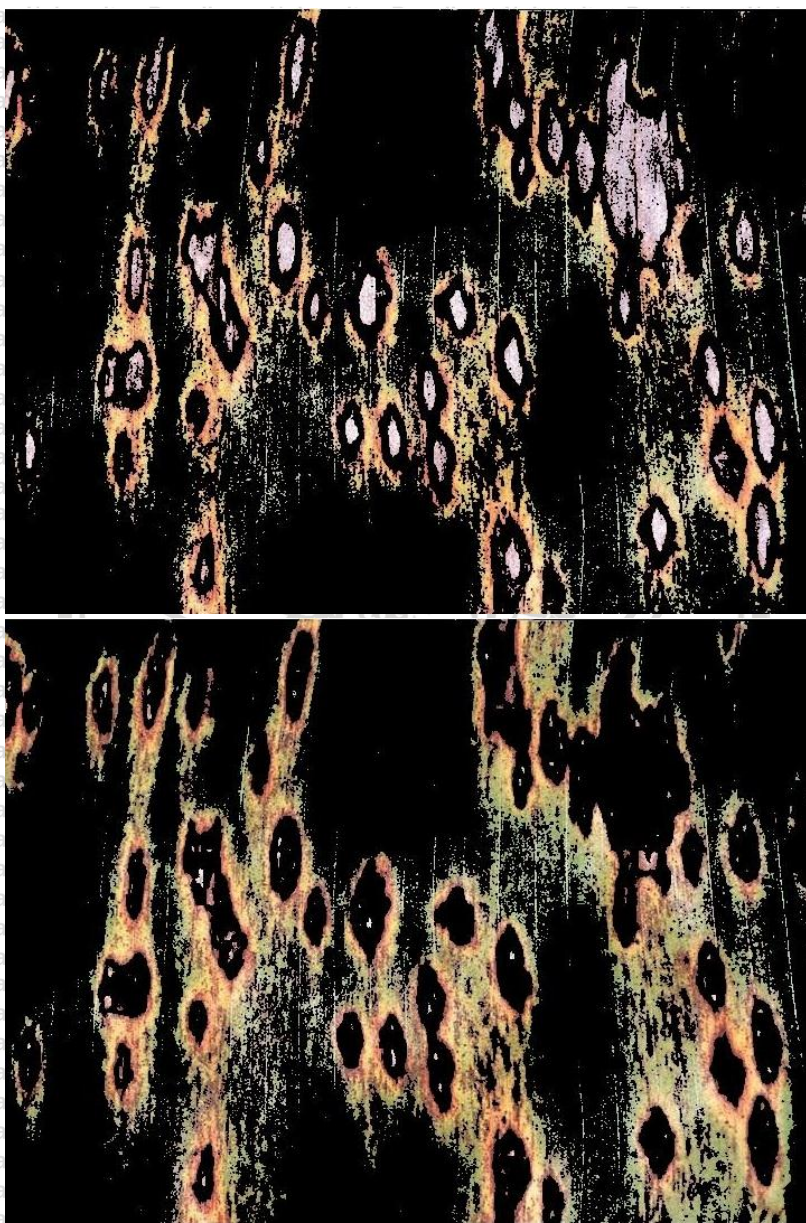
Citra uji	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Metode FCM dalam Ruang Warna HSV			
Metode FCM dalam Ruang Warna RGB			
Hasil Clustering Citra Uji HSV			
Hasil Clustering Citra Uji RGB			

dimana pada informasi tersebut diketahui bahwa hasil Metode FCM pada Ruang Warna HSV telah sesuai seperti harapan yang diinginkan. Pada ruang warna HSV hasil *clustering* tersebut bagian-bagian daerah

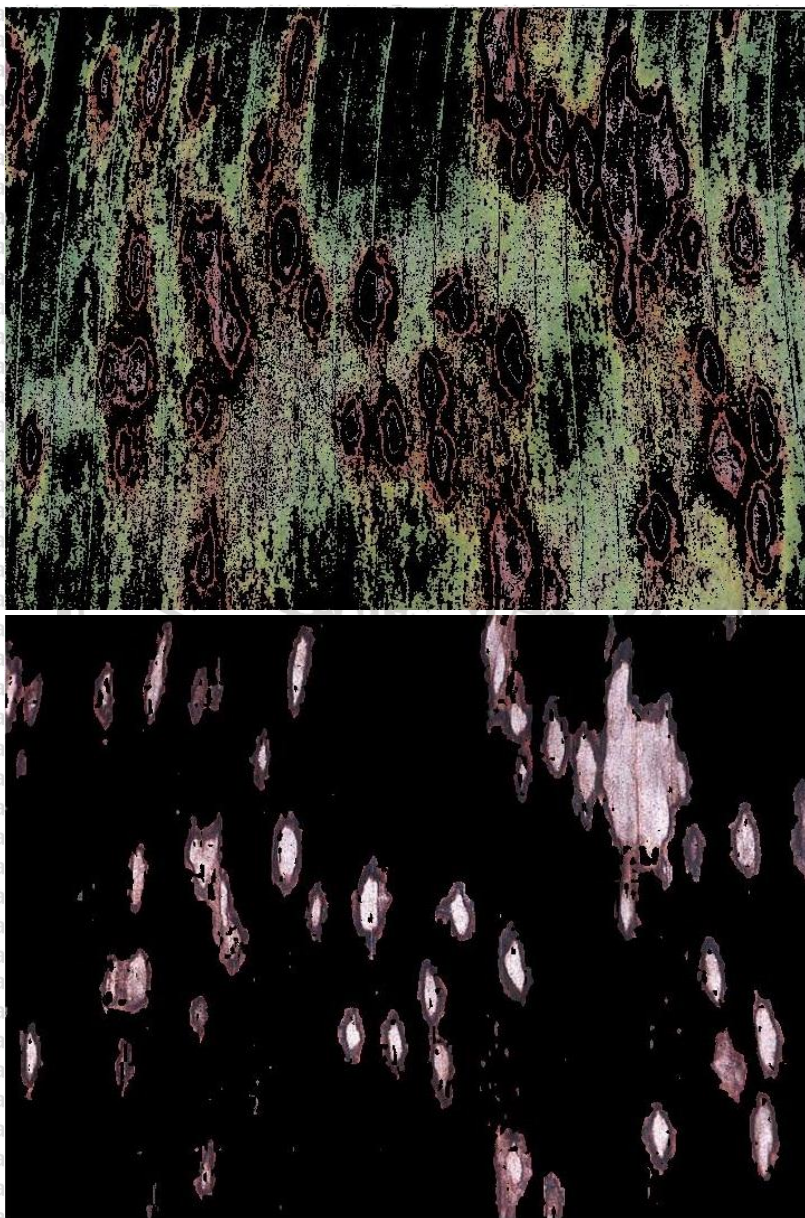


terdeteksi dengan baik. Pada *cluster* 1 tidak terdapat bagian dari *cluster* 2 dan *cluster* 3 yang muncul, pada *cluster* 2 tidak terdapat bagian dari *cluster* 1 dan *cluster* 3 yang muncul, dan pada *cluster* 3 tidak terdapat bagian dari *cluster* 1 dan *cluster* 2 yang muncul. Pada ruang warna RGB hasil *clustering* tersebut terdapat beberapa bagian-bagian daerah yang belum terdeteksi dengan baik. Pada *cluster* 1 terdapat bagian dari *cluster* 2 yang muncul, pada *cluster* 2 terdapat bagian dari *cluster* 3 yang muncul, dan pada *cluster* 3 terdapat bagian dari *cluster* 1 yang muncul. Pada percobaan ini dapat diketahui bahwa metode FCM pada ruang warna HSV dapat membagi daerah sesuai dengan baik dan pada ruang warna RGB belum bisa memberikan hasil yang optimal. Hasil percobaan dapat dilihat pada Gambar 4.11, Gambar 4.12, dan Gambar 4.13.





Gambar 4.11 Hasil Cluster 1. (Atas) Ruang Warna HSV, (Bawah) Ruang Warna RGB.



Gambar 4.12 Hasil Cluster 2. (Atas) Ruang Warna HSV, (Bawah) Ruang Warna RGB.



Gambar 4.13 Hasil Cluster 3. (Atas) Ruang Warna HSV, (Bawah) Ruang Warna RGB.

4.2.4 Pengujian hasil *clustering* Citra uji 2 (Otak.jpg)

menggunakan Ruang Warna

Pada bagian ini akan dilakukan pembagian daerah (*clustering*) dari citra uji 2 yaitu Otak.jpg dengan menggunakan Metode FCM pada ruang warna HSV dan RGB. Langkah awal pada percobaan ini yaitu citra uji 2 yang ditransformasikan ke dalam ruang warna HSV kemudian dilakukan proses *clustering* menggunakan metode FCM, kemudian citra uji 2 ditransformasikan ke dalam ruang warna RGB. Pada percobaan ini dilakukan *clustering* menjadi 3 bagian daerah yang diharapkan dapat membedakan Otak yang terkena penyakit, Otak yang sehat, dan *background* pada Citra Uji 2. Citra uji 2 dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Citra uji 2.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa metode FCM dalam ruang warna HSV mendeteksi bagian-bagian daerah lebih akurat dibandingkan dengan metode FCM dalam ruang warna RGB. Hasil *clustering* menggunakan metode FCM ditunjukkan oleh Tabel 4.5 (1). Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa pembagian daerah lebih akurat di setiap daerah. Hasil *clustering* metode FCM menggunakan ruang warna HSV menunjukkan bahwa terdapat beberapa bagian yang tidak terdeteksi dengan baik, seperti pada Tabel 4.5 (2). Daerah yang memiliki warna berbeda pada gambar tersebut memiliki beberapa daerah yang mengalami kesalahan deteksi pada objek, sangat sulit untuk mencari perbedaan hasil dari kedua metode dengan kasat mata, namun apabila kita menggunakan bantuan ruang warna HSV maka akan terlihat perbedaannya, sehingga hasil deteksi metode FCM lebih akurat.

Waktu komputasi yang diperlukan untuk *clustering* dalam ruang warna HSV oleh metode FCM memiliki hasil yang lebih cepat

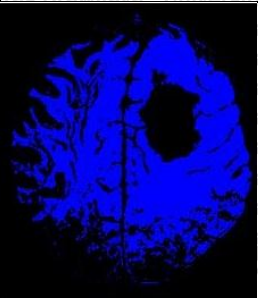
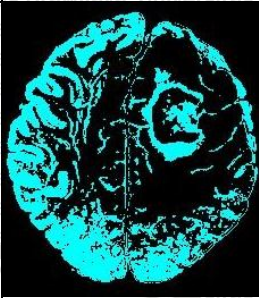
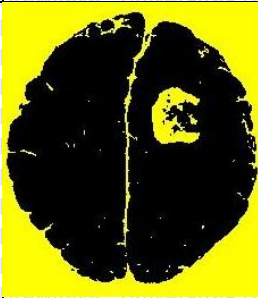
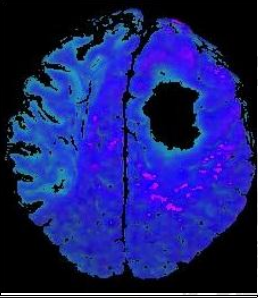
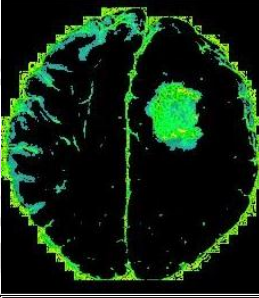

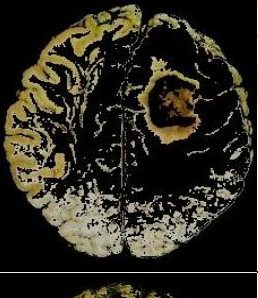

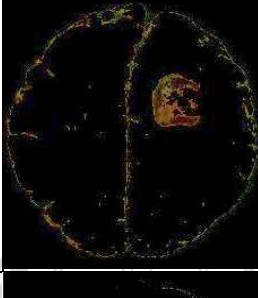

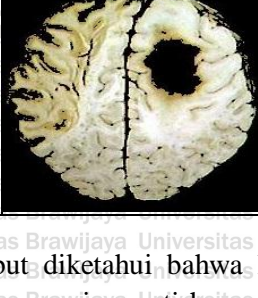
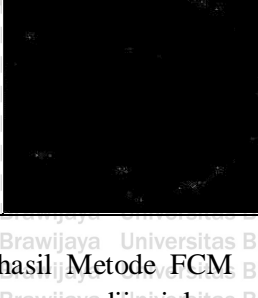
dibandingkan dengan metode FCM dalam ruang warna RGB. Hasil pengamatan pada Tabel 4.4 menunjukkan bahwa waktu komputasi yang diperlukan oleh metode FCM dalam ruang warna HSV yaitu 13.585 detik dan membutuhkan 42 iterasi. Sedangkan, waktu komputasi metode FCM dalam ruang warna RGB lebih kecil yaitu 15.092 detik dan membutuhkan jumlah iterasi yang lebih sedikit yaitu 32 iterasi. Hal ini menunjukkan bahwa dalam hal kecepatan *clustering*, metode FCM dalam ruang warna HSV lebih unggul dan dalam hal jumlah iterasi, metode FCM dalam ruang warna RGB lebih sedikit.

Tabel 4.4 Hasil Pengamatan Proses *Clustering* pada Citra Uji 2.

METODE FCM	PENGAMATAN	
	WAKTU	ITERASI
HSV	13.585 detik	42 iterasi
RGB	15.092 detik	32 iterasi

Tabel 4.5 Hasil Proses *Clustering* Metode FCM dalam Ruang Warna pada Citra Uji 2.



Citra uji	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Metode FCM dalam Ruang Warna HSV			
Metode FCM dalam Ruang Warna RGB			
Hasil Clustering Citra Uji HSV			
Hasil Clustering Citra Uji RGB			

dimana pada informasi tersebut diketahui bahwa hasil Metode FCM pada Ruang Warna HSV telah sesuai seperti harapan yang diinginkan.

Pada ruang warna HSV hasil *clustering* tersebut bagian-bagian daerah terdeteksi dengan baik. Pada *cluster* 1 tidak terdapat bagian dari *cluster* 2 dan *cluster* 3 yang muncul, pada *cluster* 2 tidak terdapat bagian dari *cluster* 1 dan *cluster* 3 yang muncul, dan pada *cluster* 3 tidak terdapat bagian dari *cluster* 1 dan *cluster* 2 yang muncul. Pada ruang warna RGB hasil *clustering* tersebut terdapat beberapa bagian-bagian daerah yang belum terdeteksi dengan baik. Pada *cluster* 1 terdapat bagian dari *cluster* 2 yang muncul, pada *cluster* 2 terdapat bagian dari *cluster* 3 yang muncul, dan pada *cluster* 3 terdapat bagian dari *cluster* 1 yang muncul. Pada percobaan ini dapat diketahui bahwa metode FCM pada ruang warna HSV dapat membagi daerah sesuai dengan baik dan pada ruang warna RGB belum bisa memberikan hasil yang optimal. Hasil percobaan dapat dilihat pada Gambar 4.15, Gambar 4.16, dan Gambar 4.17.

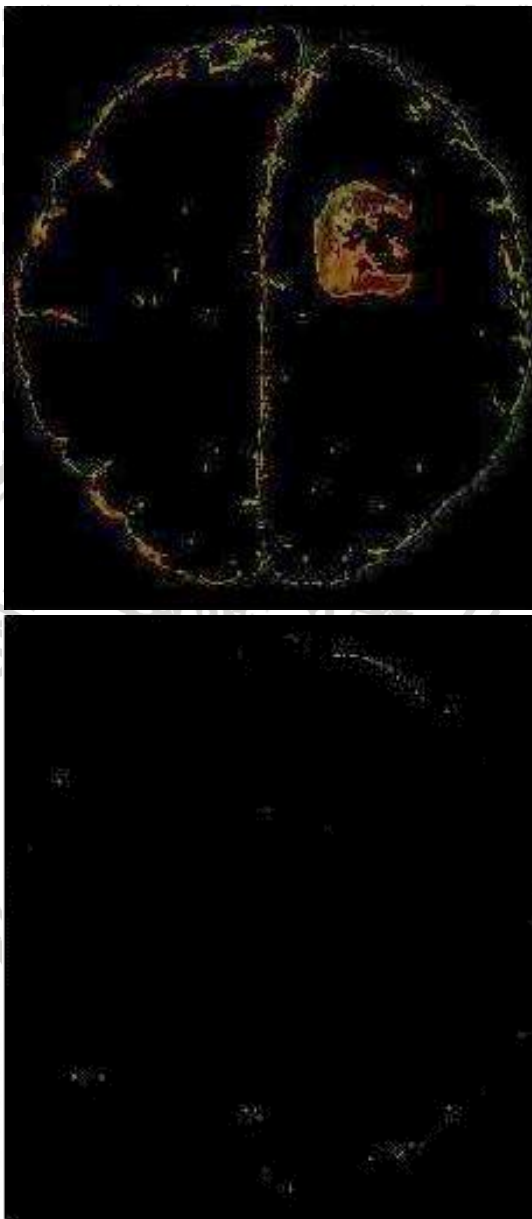




Gambar 4.15 Hasil Cluster 1. (Atas) Ruang Warna HSV, (Bawah) Ruang Warna RGB.



Gambar 4.16 Hasil Cluster 2. (Atas) Ruang Warna HSV, (Bawah) Ruang Warna RGB.



Gambar 4.17 Hasil Cluster 3. (Atas) Ruang Warna HSV, (Bawah)
Ruang Warna RGB.

4.2.5 Pengujian hasil *clustering* Citra uji 3 (Landzat.jpg)

menggunakan Ruang Warna

Pada bagian ini akan dilakukan pembagian daerah (*clustering*) dari citra uji 3 yaitu Landzat.jpg dengan menggunakan Metode FCM pada ruang warna HSV dan RGB. Langkah awal pada percobaan ini yaitu citra uji 3 yang ditranformasikan ke dalam ruang warna HSV kemudian dilakukan proses *clustering* menggunakan metode FCM, kemudian citra uji 3 ditransformasikan ke dalam ruang warna RGB. Pada percobaan ini dilakukan *clustering* menjadi 3 bagian daerah yang diharapkan dapat membedakan sungai, dataran hijau, dan dataran bebatuan dan bangunan pada Citra Uji 3. Citra uji 3 dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Citra uji 3.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa metode FCM dalam ruang warna HSV mendeteksi bagian-bagian daerah lebih akurat dibandingkan dengan metode FCM dalam ruang warna RGB. Hasil *clustering* menggunakan metode FCM ditunjukkan oleh Tabel 4.10 (atas). Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa pembagian daerah lebih akurat di setiap daerah. Hasil *clustering* metode FCM menggunakan ruang warna HSV menunjukkan bahwa terdapat beberapa bagian yang tidak terdeteksi dengan baik, seperti pada Tabel 4.10 (bawah). Daerah yang memiliki warna berbeda pada gambar tersebut memiliki beberapa daerah yang mengalami kesalahan deteksi. Bagian yang telah ditandai menunjukkan bahwa daerah belum terdeteksi dengan baik pada objek, sangat sulit untuk mencari perbedaan hasil dari kedua metode dengan kasat mata, namun apabila kita menggunakan bantuan ruang warna HSV maka akan terlihat perbedaannya, sehingga hasil deteksi metode FCM lebih akurat.

Waktu komputasi yang diperlukan untuk *clustering* dalam ruang warna HSV oleh metode FCM memiliki hasil yang lebih lama

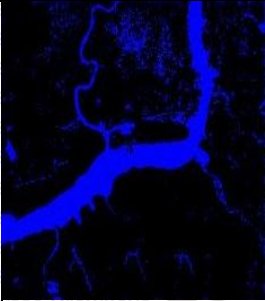
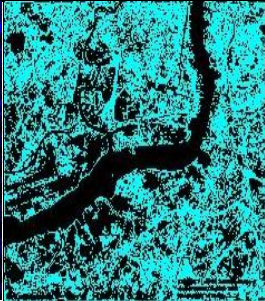

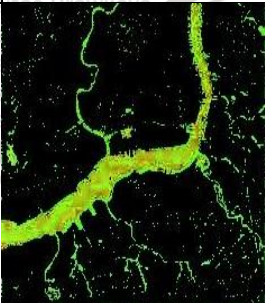
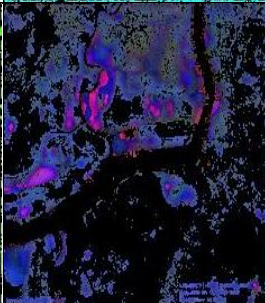
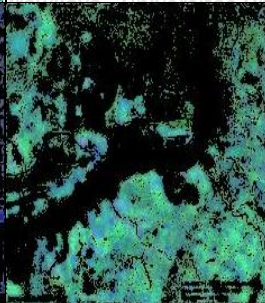



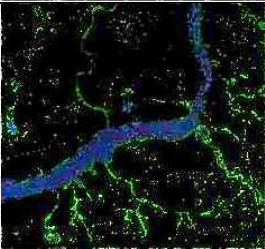

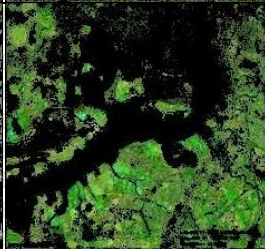
dibandingkan dengan metode FCM dalam ruang warna RGB. Hasil pengamatan pada Tabel 4.9 menunjukkan bahwa waktu komputasi yang diperlukan oleh metode FCM dalam ruang warna HSV yaitu 22.27 detik dan membutuhkan 57 iterasi. Sedangkan, waktu komputasi metode FCM dalam ruang warna RGB lebih besar yaitu 11.42 detik dan membutuhkan jumlah iterasi yang lebih sedikit yaitu 40 iterasi. Hal ini menunjukkan bahwa dalam hal kecepatan *clustering*, metode FCM dalam ruang warna RGB lebih unggul dan dalam hal jumlah iterasi, metode FCM dalam ruang warna RGB lebih sedikit.

Tabel 4.6 Hasil Pengamatan Proses *Clustering* pada Citra Uji 3.

METODE FCM	PENGAMATAN	
	WAKTU KOMPUTASI	ITERASI
HSV	22.27 detik	57 iterasi
RGB	11.42 detik	40 iterasi

Tabel 4.7 Hasil Proses *Clustering* Metode FCM dalam Ruang Warna pada Citra Uji 3.



Citra uji	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Metode FCM dalam Ruang Warna HSV			
Metode FCM dalam Ruang Warna RGB			
Hasil Clustering Citra Uji HSV			
Hasil Clustering Citra Uji RGB			

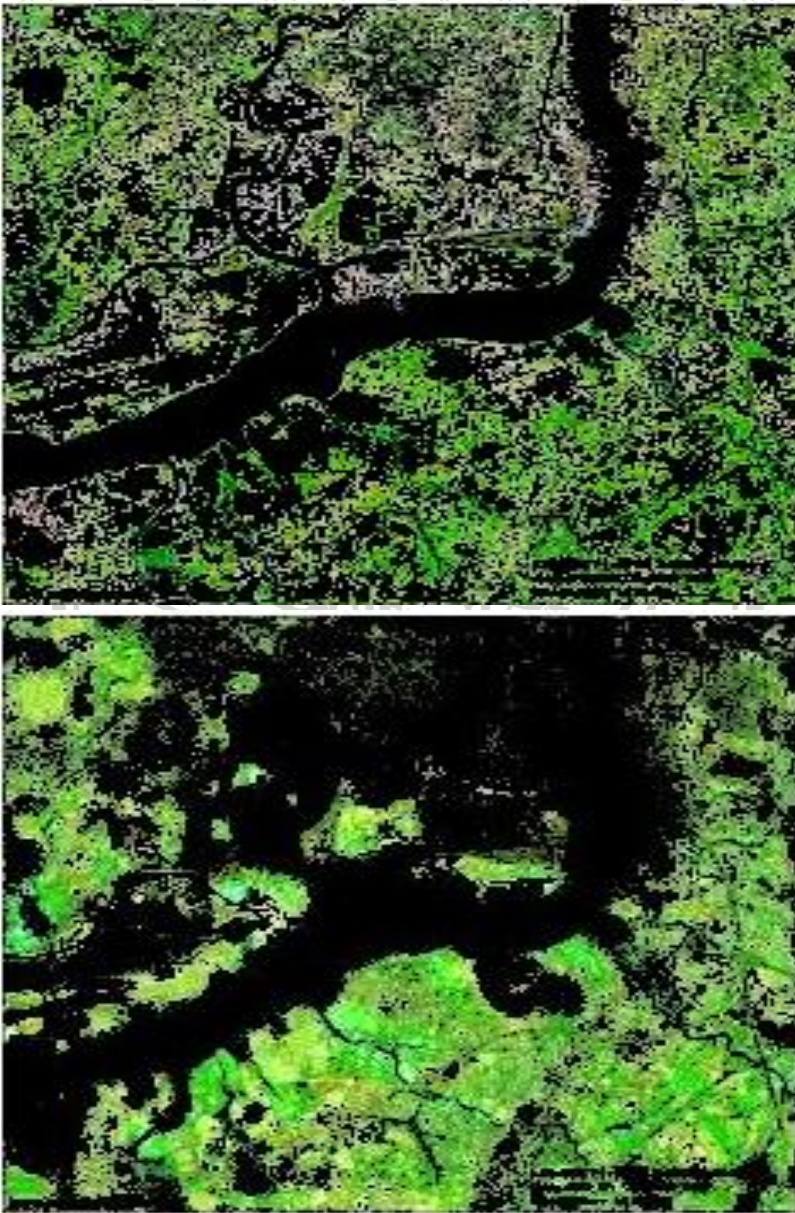
dimana pada informasi tersebut diketahui bahwa hasil Metode FCM pada Ruang Warna HSV ataupun RGB tidak seperti harapan yang

diinginkan. Pada ruang warna HSV hasil *clustering* tersebut terdapat beberapa bagian-bagian daerah yang belum terdeteksi dengan baik. Pada *cluster* 1 terdapat bagian dari *cluster* 3 yang muncul, pada *cluster* 2 terdapat bagian dari *cluster* 1 dan *cluster* 3 yang muncul, dan pada *cluster* 3 terdapat bagian dari *cluster* 1 yang muncul. Pada ruang warna RGB hasil *clustering* tersebut terdapat beberapa bagian-bagian daerah yang belum terdeteksi dengan baik. Pada *cluster* 1 terdapat bagian dari *cluster* 2 yang muncul, pada *cluster* 2 terdapat bagian dari *cluster* 3 yang muncul, dan pada *cluster* 3 terdapat bagian dari *cluster* 1 yang muncul. Pada percobaan ini dapat diketahui bahwa metode FCM pada ruang warna HSV dapat membagi daerah sesuai dengan tingkat kecerahannya dan pada ruang warna RGB belum bisa memberikan hasil yang optimal. Hasil percobaan dapat dilihat pada Gambar 4.19, Gambar 4.20, dan Gambar 4.21.





Gambar 4.19 Hasil Cluster 1. (Atas) Ruang Warna HSB, (Bawah) Ruang Warna RGB.



Gambar 4.20 Hasil Cluster 2. (Atas) Ruang Warna HSV, (Bawah) Ruang Warna RGB.



Gambar 4.21 Hasil Cluster 3. (Atas) Ruang Warna HSV, (Bawah) Ruang Warna RGB.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa metode FCM pada ruang warna HSV menghasilkan segmentasi yang lebih akurat jika dibandingkan dengan metode FCM dalam ruang warna RGB. Namun pada hasil eksperimen tersebut terdapat suatu kekurangan pada metode tersebut. Kekurangan tersebut yaitu, hasil segmentasi dalam ruang warna HSV membutuhkan jumlah iterasi yang lebih banyak jika dibandingkan dengan ruang warna RGB. Pada citra yang mengalami *clustering* dalam ruang warna HSV, terdapat bagian yang tidak dapat terdeteksi dengan baik. Metode FCM dalam ruang warna HSV dapat disimpulkan bahwa metode tersebut dapat membagi daerah sesuai dengan tingkat kecerahannya, hal tersebut dapat dilihat pada hasil percobaan di atas.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dipaparkan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. *Clustering* dapat menghasilkan perbedaan pada setiap daerah sesuai derajat keabuannya.
2. Metode FCM dalam ruang warna HSV dan informasi pembagian daerah (*cluster*) dapat menghasilkan daerah yang lebih detail dan akurat dalam ruang warna HSV.
3. Metode FCM dalam ruang warna RGB dan informasi pembagian daerah (*cluster*) terdapat beberapa hasil daerah yang terbagi tidak dapat terdeteksi dengan baik dalam segmentasi.
4. Hasil percobaan menunjukkan bahwa metode FCM dalam ruang warna HSV dapat memberikan hasil segmentasi yang lebih akurat dibandingkan dengan ruang warna RGB.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka saran untuk peneliti selanjutnya yaitu dalam penentuan filter sebaiknya dibandingkan dengan metode filter lainnya. Dari hasil pembahasan masih terdapat kesalahan deteksi daerah untuk metode FCM karena metode tersebut belum dapat memberikan hasil yang sangat akurat pada citra, sehingga saran untuk peneliti selanjutnya yaitu perlu dikembangkan metode segmentasi untuk menyelesaikan permasalahan segmentasi citra dengan metode *clustering* yang dikombinasikan dengan metode lainnya untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Data citra yang digunakan sebaiknya menggunakan data citra digital ataupun citra landzat, karena dengan menggunakan data tersebut tidak akan kehilangan informasi dari citra dan lebih memudahkan untuk mengetahui daerah-daerah yang terbagi. Dari usulan tersebut penulis berharap akan tercipta metode segmentasi yang lebih akurat.



DAFTAR PUSTAKA

- Bahar. 2011. *Penentuan Jurusan Sekolah Menengah Atas dengan Algoritma Fuzzy C-Means*. Semarang: Universitas Dian Nuswantoro.
- Bezdek, J. C., Robert E., dan William F. 1984. FCM: The Fuzzy C-Means Clustering Algorithm. *Computers & Geosciences*, 10: 191-203.
- Das, S. dan Ajith A., 2010. *Spatial Information Based Image Segmentation Using a Modified Particle Swarm Optimization Algorithm*. IITA Professorship Program, School of Computer Science and Engineering.
- Gonzalez, R.C., Richard E.W., dan Steven L.E. 2009. *Digital Image Processing Using MATLAB*. United states of America: Gatesmark Publishing.
- Halder, A. dan Soumajit P. 2011. Dynamic Image Segmentation using Fuzzy C-Means based Genetic Algorithm. *International Journal of Computer Application*, 2(6).
- Horvath, J. 2006. *Image Segmentation Using Fuzzy C-Means*. Kosice: Departement of Cybernetics and Artificial Intelegence, Faculty of Electrical Engineering and Informatics, Technical University of Kosice.
- Kadir, A. dan Susanto A. 2013. *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Mahamed G. H., Omran, Andries P. E., dan Ayed S. 2005. Dynamic Clustering using Particle Swarm Optimization with Application in Unsupervised Image Classification. *Transactions on Engineering, Computing and Technology*, 9 : 199-204.
- Mancas, M. dan Bernard G. 2003. *Fuzzy Tumor Segmentation Based on Iterative Watersheds*. Belgium: Faculte Polytechnique de

Mons, Laboratoire de Theorie des Circuits et Traitement du Signal.

Mendoza, F., Dejmek P., dan Aguilera J. M. 2006. Calibrated Color Measurements of Agricultural Foods using Image Analysis. *Elsevier. Postharvest Biology and Technology*, 41(3): 285-295.

Ouadfel, S. dan Souham M. 2012. Handling Fuzzy Image Clustering with a Modified ABC Algorithm. *Intelegent System and Applications*, 12 (9): 65-74.

Putra, D. 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi.

Shen, S., W. Sadham, M. Grant, dan A. Ster. 2005. MRI Fuzzy Segmentation of Brain Tissue Using Neighborhood Attraction With Neural Network Optimization. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 3 (2).

Sowmya, B. dan B. Sheela R. 2011. Colour Image Segmentation Using Fuzzy Clustering Techniques and Competitive Neural Network. *Applied Soft Computing*, 11: 3170-3178.

Sutoyo, T., E. Mulyanto, V. Suhartono, O.D. Nurhayati, dan Wijanarto. 2009. *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi.

Vibhute, A., dan Bodhe, S. K. 2012. Applications Of Image Processing In Agriculture: A Survey. *International Journal of Computer Applications*, 52(2): 34-40.

Yudistira, N., Dinda N., W. Lisa Y., Nur A., Chasandra P., dan Arista W. 2014. *Segmentasi Citra Pada Peta Dengan Metode Fuzzy C- Means*. Malang: Laboratorium Komputasi Cerdas dan Visualisasi, Jurusan Teknik Informatika, Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya (UB).

Zhang, J., Kai-Kuang M., dan Meng H.E. 2003. *Tumor Segmentation from Magnetic Resonance Imaging by Learning Via One-Class Support Vector Machine*. Singapore: School of



Electrical & Electronic Engineering Nanyang Technological University.

